

ГЛАВА 7

ЗАКРЫТЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

7.1. Особенности закрытого способа ремонтно-восстановительных работ

Закрытый способ ремонта сетей водоотведения позволяет избежать характерных для открытого способа ремонтно-восстановительных работ недостатков. Прежде всего не ограничивается или ограничивается незначительно движение транспорта.

Принципиально различают следующие методы ведения работ закрытым способом:

- использование горных штолен (тоннелей) и тоннельной проходки;
- проходка трубами (прокладка труб);
- прокладка труб путем продавливания.

При использовании горных штолен (тоннелей) из стартового котлована вокруг старой трубы создается штольня (тоннель), при этом происходит укрепление грунта путем подпирания его стальными крепежными арками и дощатыми полами (настилом). В забое земля вынимается под защитой затяжки, которая впрессовывается в землю.

Бьеф и подключения в штольнях высотой в человеческий рост хорошо доступны и могут выполняться без трудностей. Реконструкция может происходить путем укладки нового трубопровода рядом со старым или путем замены старых труб. Для последнего варианта должен прокладываться запасной трубопровод.

Проходка трубами может применяться на территории с интенсивным транспортным движением, но с наименьшим количеством подключенных соединений (например, путевой парк, прохождение выработки под

магистральным транспортом на поверхности).

Преимущества способа проходки трубами:

незначительная эмиссионная нагрузка при устройстве котлованов;

те преимущества, которые относятся к ремонту и восстановлению сетей открытым способом;

минимальное нарушение движения транспорта;

простота прокладки аварийного (запасного) трубопровода;

простота подсоединения других линий.

К недостаткам относятся:

большие объемы выемки грунта;

необходимость предварительного строительства штолен с использованием большого количества материалов (стали, дерева);

опасность усадки при неправильном заполнении штольни и из-за выемки деревянных опор;

невозможность применения закрытого способа в зоне, находящейся вблизи грунтовых вод.

7.2. Ремонт и восстановление трубопроводов и коллекторов путем нанесения противокоррозионных покрытий

Среди керамических кислотоупорных изделий используемых в качестве покрытий наибольшее распространение получили кислотоупорный кирпич и кислотоупорные плитки, которые применяются для возведения сооружений, футеровке различных железобетонных и металлических емкостей, а также фундаментов, каналов, лотков, стен, полов и т.д.

Кислотоупорный кирпич должен иметь кислотостойкость 95-97 % (II и I сорт соответственно), кислотоупорная плитка 96-98 % (в

зависимости от марки). Они обладают высокой стойкостью ко всем видам минеральных кислот (за исключением плавиковой) и растворам различных солей, дающих кислую реакцию. Однако стойкость этих материалов к растворам щелочей и агрессивным газовым средам в несколько раз ниже.

Для противокоррозионной защиты используются также каменное литье, изделия из стекла, ситаллов и шлакоситаллов. Каменные литые изделия обычно изготавливают из диабазовых горных пород. Диабазовые литые плитки имеют в серной кислоте стойкость 99,0-99,8 %, а в соляной 96-99,6 % и не разрушаясь выдерживают воздействие указанных кислот практически любых концентраций. Эти плитки вполне устойчивы к воздействию щелочей и хорошо противостоят ударным воздействиям.

Плитки из ситаллов, шлакоситаллов и силикатного стекла устойчивы к минеральным (кроме плавиковой) и органическим кислотам, щелочам с концентрацией до 35 %. В частности, шлакоситаллы все шире используются в противокоррозионной технике.

Кислотоупорные цементы применяют для приготовления кислотостойких замазок, для получения кладки штучных кислотоупорных изделий, а также для изготовления кислотоупорных блоков и конструкций из растворов и бетонов на их основе (табл. 7.1). В качестве вяжущего в кислотоупорных цементах используют натриевое и калиевое, жидкое стекло с модулем 2,5-3,5. Наполнителями служат тонкомолотые порошки из природных кислотостойких каменных материалов - андезита, базальта, диабазы, гранита, кварцита и их смесей. Кремнефтористый натрий необходим как ускоритель твердения кислотоупорных цементов, который в процессе взаимодействия с жидким стеклом образует гель кремнекислоты - основу структуры искусственного камня. Кислотоупорность цементов должна быть не ниже 98 %. Кислотоупорные замазки, растворы и бетоны отличаются стойкостью в растворах минеральных кислот (кроме плавиковой) любых концентраций. В воде и

щелочах они нестойки. Недостаток кислотоупорных цементов - значительная усадка (1,5-2,0 %) в результате удаления воды, выделяющейся при поликонденсации ортокремниевой кислоты. Из кислотоупорных бетонов изготавливают армированные несущие конструкции для работы в кислых средах.

В соответствии с существующей классификацией органические противокоррозионные материалы подразделяются: на плиточные; листовые; рулонные; мастики, замазки и растворы; лакокрасочные.

Из мастик и замазок наибольшее практическое применение нашли арзамит-замазки, эпоксидные составы, полиэфирные и фурановые мастичные составы. Арзамит-замазки изготавливают на основе фенолоформальдегидного полимера и наполнителей. Арзамит - I и арзамит-4 устойчивы в кислых и нейтральных средах, а арзамит-5 в щелочных. Универсальный арзамит стоек в кислых и щелочных средах.

Таблица 7.1

Составы кислотоупорных материалов

Компонент	Расход материалов, кг, для приготовления 1 м ³		
	замазки	раствора	бетона
Жидкое стекло	520-590	400-405	300-350
Кремнефтористый натрий	70-90	600	45-52
Тонкомолотый наполнитель	I480-I670	440	525-670
Кварцевый песок	-	-	525-670
Гранитный щебень	-	-	670-1050
Активный кремнезем	-	1320	-

Фурановые составы (фаизолы) готовят путем смешения мономера

ФА и отвердителя БСК с кислотостойкими наполнителями. Фаизол стоек в кислотах (кроме окисляющих), щелочах, маслах, органических растворителях, растворах солей. Полиэфирные мастичные составы, в которых используется полимер ПН-3, отвердители и наполнители, обладают высокой стойкостью к большинству кислот низкой и средней концентрации (кроме окисляющих), к нефтепродуктам, маслам при температурах 120° С.

В последние годы резко возросли масштабы применения эпоксидных составов. На основе эпоксидной смолы изготовляют различные грунтовочные и мастичные материалы, замазки и растворы, являющиеся кислото- и щелочестойкими. Они имеют высокую адгезию к металлу и бетону.

Перхлорвиниловые лаки, эмали и краски очень широко применяют для противокоррозионной защиты строительных конструкций от атмосферной и жидкостной коррозии. В состав перхлорвиниловых лакокрасочных покрытий входят перхлорвиниловая смола (в смеси с другими смолами), растворители и различные добавки. Выпускаются следующие группы химически стойких лакокрасочных материалов: атмосферестойкая (марок ГОШ и ХВ), химически стойкая (марки ХС), фасадная (ХФК), огнезащитная (ПХВО). В каждую из этих групп входят грунты, эмали, лаки.

Перхлорвиниловые материалы (лаки, эмали и краски марок ХВ, химически стойкие эмали марок ХСЭ, сополимеры ВХВД и т.п.) обладают достаточной атмосферостойкостью, низкой паропроницаемостью, высокой химической стойкостью к агрессивным газам, а также к периодическому воздействию растворов кислот и щелочей. Лакокрасочные материалы на основе эпоксидной смолы отличаются высокими адгезионными и механическими свойствами, химической стойкостью к газообразным и жидким агрессивным средам, особенно к щелочам.

Полиуретановые покрытия получают на основе полиизоуретанов полиолитов. Они устойчивы в пресной и морской воде, в парах минеральных кислот и углеводородных растворителях.

Из конструкционных полимерных материалов, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, на первое место необходимо поставить стеклопластики, находящие все большее применение. Они характеризуются высокой удельной прочностью, химической стойкостью.

Одним из эффективных методов восстановления поврежденных железобетонных конструкций тоннельных коллекторов является нанесения антикоррозионного покрытия.

Антикоррозионное покрытие служит для восстановления внутренних стен каналов или повышения сопротивления бетона физическим, биологическим, химическим и биохимическим воздействиям для устранения новых образований инкрустаций, а также увеличения статической несущей способности и водонепроницаемости.

Поперечное сечение бьефа, подлежащего восстановлению, при нанесении антикоррозионного покрытия, как правило, уменьшается.

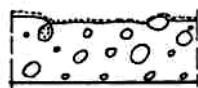
Нанесение покрытия - это собирательный термин, касающийся одного или многих слоев основания, зависящих друг от друга и изготовленных из соответствующих материалов, пригодных для нанесения покрытия.

По толщине слоя различают (рис. 7.1):

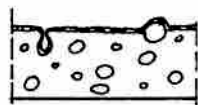
тонкое покрытие толщиной от 0,3 до 1,0 мм;

толстое покрытие (1,0 - 5,0 мм);

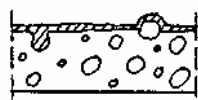
покрытие толщиной свыше 5 мм.



пропитка
не закрытая очень тонкая пленка
верх бугорков не закрыт



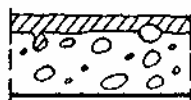
заделка трещин
закрытая пленки толщиной 0,3 мм
поры заполнены или закрыты



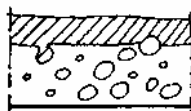
покрытие
закрытые слои с равномерной структурой
поверхности



тонкое покрытие
толщина слоя 0,3...1,0 мм
без выравнивания поверхностей



толстое покрытие
толщина слоя 1,0...3,0 мм
выравнивание поверхностей



покрытие раствором
толщина слоя свыше 5 мм

Рис. 7.1. Обработка бетонных поверхностей конструкций
тоннельных коллекторов

В зависимости от конструкции покрытия возможны нагрузки, вызванные:

процессами диффузии воды с относительно небольшим давлением на малопроницаемые или плотные покрытия, в том числе гидростатическое давление воды;

процессами диффузии агрессивных веществ, например, сероводорода, разрушающих покрытие;

осмотическим давлением, обусловленным регулированием (выравниванием) концентрации водорастворимых субстанций материала покрытий;

давлением воды в капиллярах образуемых порами бетона;

веществами, содержащимися в системах покрытия материалов с уменьшением сцепляемости;

усадочными и сжимающими напряжениями;

температурными деформациями.

Для восстановления конструкций канализационных тоннелей применяют покрытия раствором, так как тонкие и толстые покрытия для этого случая не подходят. Это подтверждается многочисленными испытаниями (в условиях эксплуатации) против коррозионной защиты бетонных и железобетонных конструкций растворами на основе эпоксидной смолы.

Испытаниям подвергались как входящие в растворители, так и свободные от растворителей эпоксидные смолы. Толщина слоя варьировалась от 0,3 до 3 мм. Полученные результаты, несмотря на то, что соблюдались все граничные условия по очистке и сушке бетонной поверхности (очистка струей песка, сушка бетона до остаточной влажности 3 %, нанесение покрытий при комнатной температуре 16⁰ С и относительной влажности воздуха 65 %), оказались отрицательными. При большой толщине покрытия появлялись раковины, наблюдалось

отслаивание, что можно объяснить явлениями осмоса. Подобное встречалось в покрытиях на основе каменноугольного и эпоксидного каменноугольного пека.

С осмотическими явлениями приходится сталкиваться, когда водорастворимые вещества отделены от воды полупроницаемой мембраной. Для каналов, покрытие которых не имеет достаточной плотности против пара, следует рассматривать два основанных на диффузии процесса.

В первом случае диффундирует вода - изнутри канала в имеющиеся пустоты (например, в поры, или в другие пустоты, образованные включениями воздуха в покрытие) а также из-под покрытия, конденсируется здесь и растворяет растворимые в воде составные части покрытия. Ими могут быть растворители, разбавители (разжижители), пластификаторы. Из-за увеличенного диаметра молекул эти вещества сами не могут диффундировать. Такой односторонне протекающий диффузионный процесс называется осмосом. Вода диффундирует дальше в пустоты и расширяет их, создавая высокое осмотическое давление, способное даже разрушить покрытие в этой области.

Во втором случае диффундирует сероводород (H_2S) - через покрытие, растворяется в конденсированной воде в порах бетона окисляется в сернистые кислоты, а затем в серную кислоту и разрушает бетон под покрытием.

Даже в диффузионно плотных покрытиях возможно образование пузырей и отслаивание происходит по следующим причинам:

1. В бетоне постоянно присутствуют поры. Они возникают, если в бетоне имеется вода, особенно в таких ситуациях:

а) труба внутри влажная, а снаружи сухая благодаря подстилающему слою (гравия или песка) - трубопровод над грунтовыми водами;

б) труба внутри сухая (газовая камера), а снаружи влажная -

трубопровод в грунтовых водах или над ними уложенный в водонасыщенный связный бетон.

в) локально различны протекающие процессы гидратации.

Через определенное время (в зависимости от водоцементного отношения и степени плотности) происходит регулирование концентрации. Наличие пористых мест или трещин в бетоне могут сократить продолжительность эксплуатации труб. Как показывают исследования, под герметичным покрытием в результате протекания описанных диффузионных процессов может возникать гидростатическое давление воды.

2. Проникая в капилляры бетона, вода создает капиллярное, гидродавление, которое может достигать 12 Бар. Вследствие этого происходит отслаивание плотного покрытия бетона, если он имеет незначительную прочность на сцепляемость.

Чтобы уменьшить образование пузырей в покрытиях из реактивных смол, рекомендуется применять только свободные от растворителей, полностью неомыляемые системы нанесения покрытий с небольшой набухаемостью от воды. Кроме того, необходимо предусмотреть, чтобы наносимый грунт не имел растворителей и использовался хорошо уплотненный бетон - таким образом можно препятствовать доступу воды к опасной обратной стороне покрытия. Указанное условие следует соблюдать, когда наносят покрытие на массивные элементы конструкции, имеющие низкую температуру.

При покрытии раствором на цементной основе подобные явления не наблюдаются из-за пористой структуры и ее собственной жесткости. В данном случае решающей является коррозионная стойкость. В покрытиях из эпоксидной смолы во избежание ее контакта с водой (причина набухания смолы) бетон перед аппликацией покрытия может быть гидрофобирован. При подаче воды в виде пара в негерметичном бетоне,

находящемся в земле, эти защитные меры со временем становятся недействительными.

Различают следующие методы нанесения раствора:

выпрессования (выдавливания, нагнетания, инъекирования);

вытеснения воды (водоизмещения);

напыления;

метод набрызга.

Планируя работы по нанесению покрытия раствором, необходимо учесть ряд факторов, которые влияют на качество и прочность покрытия.

Важнейшими из них являются:

внешние и внутренние нагрузки;

материал конструкций, на которые наносится покрытие, структура поверхности, ее прочность, степень загрязнения, влажность и температура; длительность эксплуатации конструкции;

время и продолжительность нанесения покрытия;

погодные условия на стройплощадке при выполнении работ;

возможность содержания в исправности коллектора;

состояние водосливного хозяйства.

К материалу, который используется для покрытия раствором, в канализационных сетях, должны предъявляться следующие требования:

хорошая сцепляемость и хорошая внутренняя связь системы;

устойчивость к воздействию щелочей;

устойчивость против напряжений в защитной среде, вызываемых деформацией, изменением влажности и температуры;

беспористость в случае применения реактивных смол;

незначительное набухание и усадка.

Используемые при покрытии растворы можно разделить на группы:

минеральные растворы (цементный, силикатный);

цементный раствор с применением искусственных материалов -

полимерцементный бетон (ГЩБ);

реактивные смолы - полимерный бетон (ПБ).

Рассмотрим растворы, нашедшие широкое применение при устранении повреждений конструкций в тоннельных коллекторах.

Использование покрытия на цементном растворе в качестве защиты от коррозии стальных и чугунных трубопроводов для питьевой воды было известно еще в начале нашего столетия, наносилось оно в заводских условиях или на месте. В обширных исследованиях и многочисленных публикациях на эту тему содержатся сведения о требованиях к покрытию, составе раствора, толщине слоя, роде аппликаций, способности противостоять коррозии.

Однако в канализационных сетях со сточными водами для ремонтно-восстановительных работ редко применяются чистые покрытия на цементном растворе, поскольку такие растворы имеют ряд недостатков: незначительную прочность на растяжение, большую хрупкость, склонность к образованию трещин, небольшую сцепляемость с некоторыми материалами трубопроводов, плохую устойчивость к химическому и биологическому воздействиям. Последний недостаток в значительной мере может быть компенсирован последующим нанесением покрытий из искусственных материалов или пропиткой такими материалами. При воздействии на конструкции серной кислоты в состав раствора вводят сульфатоустойчивые *HS*-цементы или применяют известесодержащие заполнители.

Хотя все марки цемента при воздействии серной кислоты обнаруживают одинаковое поведение, при «средней» степени воздействия следует использовать сульфатоустойчивые *HS*-цементы, так как серная кислота со значением $\text{pH} > 3$ испытывает большое воздействие сульфата.

Известесодержащие заполнители (твердый известняк) замедляют влияние биогенной сернокислотной коррозии. При этом образуется

труднорастворимый водосульфатный сульфат кальция, который придает бетону определенную прочность и тем самым защищает от дальнейшего проникновения коррозии. Опыт строительства в Южной Африке показал более высокий (в 3-5 раз) срок службы бетонов с известесодержащими заполнителями по сравнению с кварцитными. Результаты ряда исследований свидетельствуют, что использование таких заполнителей эффективно только в случае воздействия серной кислоты. При воздействии других кислот отчетливо проявляется незначительная чувствительность к кварцитным или магматическим заполнителям.

Поскольку поведение сортов цемента и заполнителей при кислотных воздействиях несколько различается, необходимы основательные исследования на пригодность их в качестве защиты от коррозии.

Коллоидный раствор готовят смешиванием в два приема. Вначале вода и цемент интенсивно перемешиваются в быстродействующей бетономешалке, так что бинарная система твердое вещество - жидкость цементного клея превращается в коллоид. Затем добавляют любые заполнители или ускорители твердения. Качество полученного таким способом раствора выше, чем обычного цементного. Прочность на растяжение и изгиб увеличивается на 14 Н/мм^2 (через 28 дней-на $12,5 \text{ Н/мм}^2$) при добавке стекловолокна до 25 Н/мм^2 .

Используется также силикатный раствор - двухкомпонентный минеральный материал, состоящий из жидкого растворимого стекла (в качестве вяжущего) и кварцевой добавки. Этот материал отличается силикатным схватыванием (связью) заполнителей, которое достигается благодаря твердению щелочных силикатов, растворенных в компонентах жидкости. Для улучшения свойств свежего и твердого растворов или для урегулирования времени твердения к жидкому растворимому стеклу и к заполнителям могут добавляться наполнители и добавки. Силикатный раствор имеет повышенную устойчивость к кислотам, щелочам,

органическим растворителям и солям, повреждающим даже бетон. Его компоненты не содержат растворителей и не горят. Прочность на сжатие составляет более 100 Н/мм^2 , прочность на растяжение - около 12 Н/мм^2 .

Для улучшения прочности на изгиб и растяжение чистых цементных растворов, повышение их устойчивости к химическим воздействиям, а также диффузионного сопротивления предлагаются специальные добавки (эпоксидная смола, водостойкие реактивные смолы дисперсные и полимерные материалы) которые затвердевая вместе с цементом, превращаются в твердые искусственные вещества. Содержание таких добавок в растворе составляет примерно 10-15 % (содержание смолы менее 5 % недостаточно для создания однородной структуры с общим действием вяжущего из смолы и цементного камня). Благодаря добавке из смол возникают две системы: вяжущее (матрица цементного камня) и система искусственных материалов.

Если используются стабильные эмульсии из искусственных смол с размерами капелек не более нанометра (миллимикрона), затвердевшая смола заполняет мельчайшие пустоты гидратных кристаллов цемента и образует в цементном камне «органическую арматуру».

В последнее время делаются попытки использовать покрытия растворами на основе реактивных смол. Однако в этом случае следует учитывать, что срок службы таких смол может быть значительно меньше чем у минеральных материалов, в частности, чем у растворов на цементной основе. Это подтверждается данными из практики высотного и подземного строительства. В настоящее время отсутствуют примеры длительного использования покрытий на основе смол в канализационных сетях со сточными водами.

Растворы из реактивных смол содержат зернистые (гранулированные) и в некоторых случаях волокнистые наполнители (стекловолокно). Последние улучшают в первую очередь прочность

покрытия на растяжение и изгиб и уменьшают усадку. Стекловолокна, однако, не должны выступать из покрытия, так как вода, стекая вдоль них, может проникать в покрытия и разрушать его (капиллярный эффект). По этой причине последний слой обязательно наносят из чистой смолы.

Гранулированные наполнители улучшают прочность на сжатие, повышают прочность на истирание и уменьшают (при их высокой доле) усадку.

В качестве гранулированных (зернистых) наполнителей используется кварцевая мука или песок, распределение гранул которых должно как можно больше соответствовать идеальной кривой гранулометрического состава. Максимальная величина гранул должна быть меньше одной трети минимальной толщины слоя содержащейся в растворе воды и не должна превышать 0,2 % ее массы.

Материалы для покрытия из реактивных смол смешиваются из двух компонентов. Твердение происходит в результате химической реакции непосредственно после перемешивания компонентов. Скорость реакции зависит от температуры и значительно влияет на процесс твердения.

Толщина покрытия определяется содержанием в нем растворителя. Можно получить толстое покрытие благодаря использованию материалов с малым содержанием растворителя или не имеющего его вовсе.

В покрытиях из реактивной смолы необходимо учитывать различные термические коэффициенты. Если коэффициенты теплового расширения смолы и основания различаются, то при изменении температуры происходит нежелательное изменение сцепляемости.

Необходимо также принять во внимание, что реактивная смола при твердении дает усадку 4-8 % объема. Эта цифра зависит в первую очередь от степени сцепления различных типов смол, а затем уже от вида смол. Мягкие, гибкие реактивные смолы сцепляются сильнее и имеют поэтому меньшее значение Е-модуля, чем твердые высокосцепляемые.

Сцепляемость материалов покрытия на основании в большой степени определяется влажностью основания. В принципе с реактивными смолами нужно работать только на сухом основании, хотя сегодня мировая практика уже знает водоневосприимчивые даже перерабатываемые под водой смолы. И все же опыт показывает, что сцепляемость тем лучше, чем суше основание. На процесс высыхания главным образом влияют следующие факторы: относительная влажность воздуха, окружающая температура, движение воздуха, поверхность испарений, структура строительных конструкций и их толщина.

Под ненасыщенными полиэфирными смолами (НПО) понимают растворы ненасыщенных полиэфиров в полимеризованном жидком мономере. Полимеризация (твердение) вызывается органическими пероксидами (в качестве, достаточном для реакции катализа) в сочетании с ускорителями.

Благодаря способности быстро сокращаться в объеме они перерабатываются как высокозаполненные или тощие, т.е. имеют небольшое количество вяжущего в растворе.

Полиэфирные смолы устойчивы к кислоте, к окисляющим кислотам средней концентрации, к растворам солей, бензина и масла; неустойчивы к кетонам, фенолам и хлорированному углеводороду.

Полиэфирные смолы (за исключением некоторых типов) малоустойчивы к щелочам, поэтому применяются для бетона с грунтовкой. Обработываемые основания и заполнители должны быть сухими. Покрытия нужно защищать от сырости, пока оно не затвердеет. Температура переработки смеси 15-20° С. Температура воздуха и покрываемой поверхности не выше 15° С. Максимальная влажность и оптимальная водо-химическая устойчивость должны достигаться только благодаря последующему термическому твердению.

Покрытия из эпоксидных смол (ЭС) получают в результате

реакции ступенчатой полимеризации эпоксидных смол с отвердителями, содержащими преимущественно аминогруппы. Покрытия из ЭС отличаются высокой прочностью, хорошей сцепляемостью и химической устойчивостью (против растворителей, солей, щелочей и кислых сред). Благодаря высокой щелочеустойчивости ЭС особенно эффективны для покрытия, бетона.

При переработке ЭС необходимо с особой точностью соблюдать пропорции смешивания и тщательно перемешивать компоненты, а также учитывать срок жизни смолы и температуру твердения, которая должна составлять $+10^{\circ}\text{C}$. Температура переработки и смешивания допускается в пределах $15-25^{\circ}\text{C}$. Толщина слоя покрытий из ЭС с растворителями или без них может быть различной. Основание в любом случае, должно быть сухим. Существуют специальные системы позволяющие наносить покрытия из ЭС на влажные поверхности, однако при этом не достигается оптимальная прочность на растяжение при сцеплении (хотя во многих случаях она считается удовлетворительной).

Полиуретан (ПУ) - это химический термин для гибких и твердых искусственных материалов, которые изготавливаются из полиспиртов и полиизосианатов. Реакция твердения происходит как ступенчатая полимеризация двух компонентов смешиваемых в точной пропорции. Полиуретан находит очень широкое применение благодаря своим высоким качествам: растяжимости (эластичности), прочности на истирание, химической устойчивости (к кислотам, щелочам, растворам солей, растворителям), которая тем больше, чем выше твердость покрытия. Растворителесодержащие полиуретановые смолы (ПУС) позволяют получать тонкие покрытия.

Покрытия на основе ПУС вступают в реакцию с водой, поэтому поверхность, на которую оно наносится, не должна иметь следов влаги. При добавлении адсорбирующей воды во время твердения могут

образовываться пузыри. Относительная влажность воздуха при нанесении двухкомпонентных систем ПУС допускается до 70 %. Температура окружающего воздуха, основания и смешиваемых составных частей не должна превышать +5⁰С.

ПУС могут применяться в сочетании с другими материалами, например с эпоксидными смолами.

Полиметилметакрилатовые смолы (ПММКС) - это полимеры из мономерных или предварительно полимеризованных метилметакрилатов с модифицированными компонентами. Твердение их идет благодаря органическим пероксидам.

В зависимости от типа смолы и модификации можно изготавливать (в зависимости от требований) как твердые, так и мягкие покрытия устойчивые к сырости, слабому выщелачиванию, кислотам солям и растворам. Их устойчивость к растворителям зависит от содержания высокомолекулярных сложных эфиров - метакрилатов. Смолы затвердевают очень быстро. При нормальной температуре - в течение нескольких часов. Температура окружающего воздуха и температура основания при этом должна быть не ниже + 1⁰С.

Недостатком данного вида смол является неприятный запах при обработке и во время твердения, а также тот факт, что эти горючие смолы образуют с воздухом пары горючих смесей.

ПММКС относительно быстро сокращаются в объеме при твердении (усыхают), что необходимо учитывать при использовании.

Внутренние поверхности конструкций перед нанесением смол должны быть подготовлены перед любым способом покрытия для создания основания с необходимой несущей способностью.

Загрязнения, собственные и чужеродные разделительные слои, гладкая поверхность и незакрепленные части ослабляют сцепляемость материалов покрытия и должны устраняться механическим или

химическим способом.

Особое внимание следует обратить на возможное отложение жира так как его всегда трудно удалять.

Подводя итоги сказанному, можно сделать вывод, что предварительная обработка бетонной поверхности может существенно влиять на прочность наносимого материала на растяжение. На поверхности, куда наносится покрытие, не допускаются следы влаги. Вода не должна проникать в эту область. Негерметичные места необходимо уплотнять.

Гибкие и пластичные уплотнители, а также материалы для герметизации швов не должны смешиваться с материалом покрытия, в противном случае уже через короткое время образуются трещины в надрезах и происходит разгерметизация швов (разрыв на боковой стороне шва, разрыв уплотнения швов).

В непроходимых каналах покрытие, как правило, изготавливают сплошным (непрерывным). В фильтрующей грунтовой воде соединения труб необходимо заранее уплотнять, а остатки уплотняющего материала удалять из канала. На трещины с подвижными краями не допускается наносить покрытие обычным образом. Край следует обрезать или заделать, а трещины заполнить материалом покрытия.

Особого внимания заслуживают разработанные в последние годы методы восстановления трубопроводов без их разрушения.

При появлении в стенах тоннельных коллекторов полостей (рис. 7.2, 7.3) в отечественной и зарубежной практике используются методы инъектирования, однако из-за высокой стоимости инъектирования предпочтение отдают, как правило, более приемлемому с экономической точки зрения варианту.

При использовании метода набрызга раствора необходимо предварительно восстановить профиль канала.

Если основание отсутствует или сильно коррозировано, это можно осуществить путем нанесения раствора калибровочным прибором, специальным вытесняющим телом или калибровочным аппаратом, работающим по принципу «сдавливающего ящика squeeze=Box».

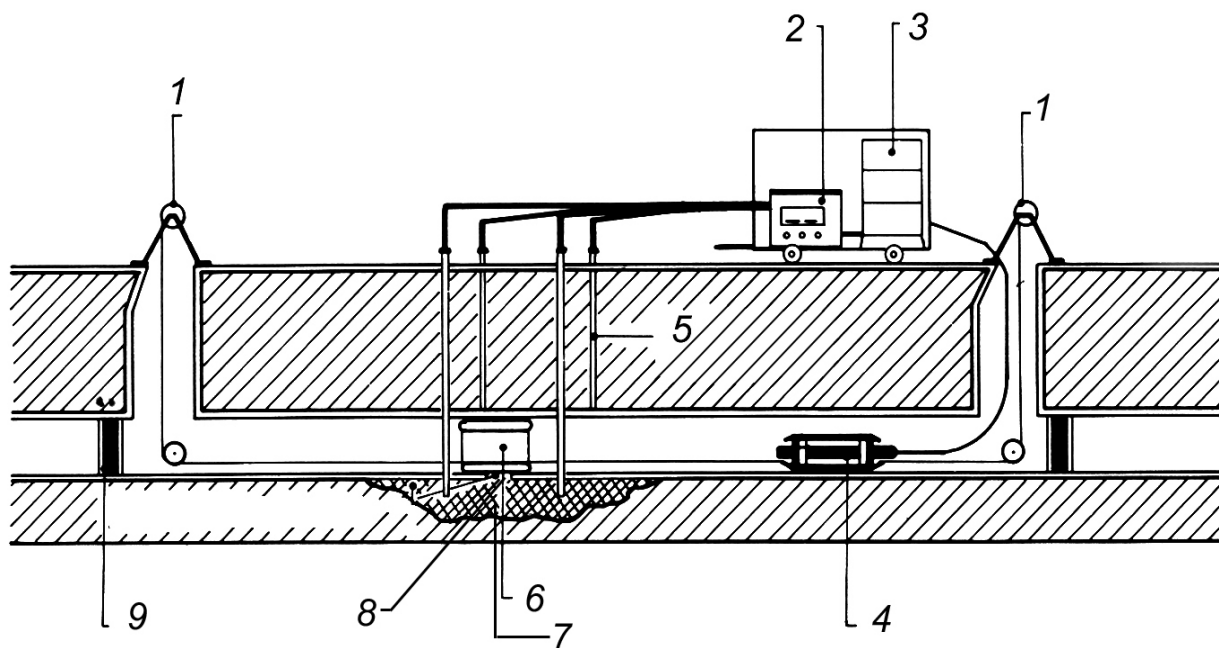


Рис. 7.2. Схема наружного инъецирования поврежденного коллектора:

1 – лебедка; 2 – инъециционный насос; 3 – средства инъекции; 4 – каналная телекамера; 5 – инъециционные трубы; 6 – перемещающаяся в коллекторе ремонтная колба; 7 – инъецируемая полость; 8 – неплотное место; 9 – запрессованная колба.

При больших отверстиях и поломке труб можно использовать пакер (трубный сальник, почвоуплотнитель), с помощью которого токсотропный и быстросхватывающийся раствор впрессовывается в эту область.

Если применяют покрытия бетоном, шприцбетоном или цементным раствором, поверхности следует обрабатывать так же, как в случае

использования покрытий на основе реактивной смолы. Сухие и водопоглощающие основания необходимо смачивать (рис. 7.4).

При использовании метода нагнетания образуется кольцевое пространство (благодаря находящейся в канале опалубке). В это кольцевое пространство вдавливаются соответствующие растворы или бетон на цементной основе из реактивных смол. Работы можно проводить как в проходимых, так и в непроходимых поперечных сечениях. После достижения требуемой минимальной прочности опалубку удаляют. Примером использования метода нагнетания в проходимых каналах является расширение или обшивка тоннелей и штолен с помощью обычных для подобных случаев опалубок. При этом применяются катучая переставная опалубка или специальные шунтовые машины. Для укладки в опалубку бетона или для распалубки в зависимости от величины тоннельной опалубки используется механическое или гидравлическое оборудование. Бетон перекачивается насосом или через отверстие в опалубке за опалубку, уплотняется внутренними вибраторами или вносится через патрубок снизу либо через торец опалубки и наконец уплотняется наружными вибраторами.

Коньковую область приходится часто прессовать инъекционными средствами для создания контакта с дефектным каналом. Такую контактную инъекцию надо выполнять как можно позже, сразу после твердения бетона, чтобы предотвратить усадочные деформации.

При этом методе могут также применяться наружные уплотнения новой оболочки: арматурные сетки или арматурный каркас (рис. 7.5). Кроме того, в процессе бетонирования можно создать внутреннюю антикоррозионную защиту путем укладки на обшивку опалубки прочных полихлорвиниловых плиток или мягкой полихлорвиниловой фольги.

Используется бетон, подающийся насосами.

Установлена высокая ранняя прочность бетона покрытия, выполненного методом нагнетания, которая допускает эксплуатацию восстановленного канала уже через 12 ч после окончания бетонирования.

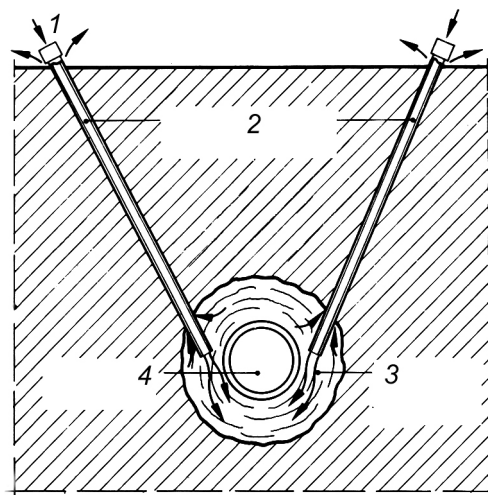


Рис. 7.3. Целенаправленное устройство ограниченной надземной полости:

1 – подача и выход инъекционного материала; 2 – трубы для подачи инъекционного материала; 3 – незаполненная полость; 4 – коллектор.

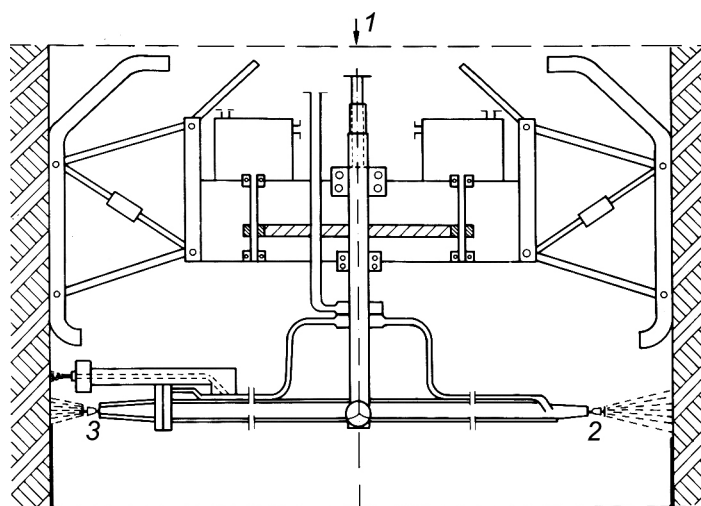


Рис. 7.4. Усиление стен коллектора методами сухого и мокрого шприц-бетонирования:

1 – строительный материал; 2 – быстросхватывающийся строительный материал; 3 – коллоидный цемент.

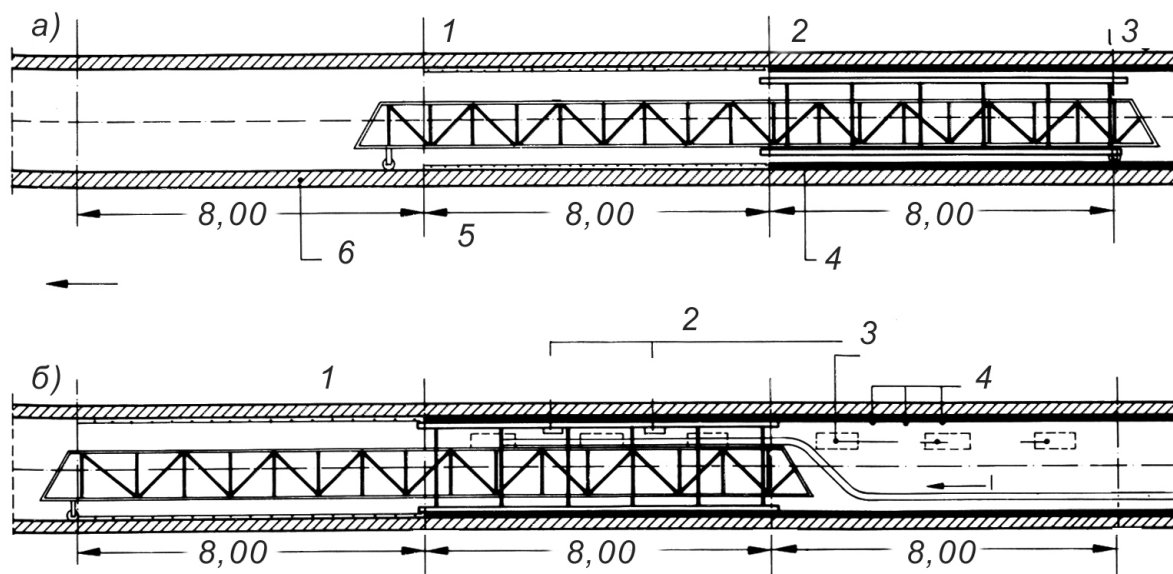


Рис. 7.5. Восстановление обделки тоннельного коллектора:

а – фаза 1; 1 – арматура; 2 – внешний слой; 3 – передвигаемая опалубка; 4 – железобетонная обделка; 5 – приспособление для передвижения опалубки; б – ремонтируемый канал; б – фаза 2; 1 – арматура; 2 – бетонные стойки в гребне конструкции перемещаемой опалубки бетонирования; 3 – окна для бетонирования; 4 – инъецирование.

С расширением поперечного сечения связано воздействие на статическую несущую способность канала. В таких случаях для избежания повреждений необходимо провести соответствующие исследования с применением реальных внешних нагрузок и выполнением краевых (граничных) условий.

Метод вытеснения заключается в том, что вытесняемое тело (его наружный диаметр соответствует толщине наносимого слоя и меньше внутреннего диаметра покрываемой поверхности) центрически вытягивается или сжимается через бьеф.

Находящийся перед ним материал покрытия попадает в щель между поверхностью и вытесняемым телом и придавливается этим телом к внутренней стенке трубы.

Самые известные методы вытеснения - Tate и Situment - разработаны еще в начале 30-х годов в Австралии для покрытия водоводов.

В тоннелях для сточных вод большое применение находил до сих пор Tate-метод: вытесняемое тело работает в комбинации с поршнем пресса. В качестве материала покрытия служит цементный раствор, который заполняется в предварительно дозированном количестве между поршнем пресса и вытесняемым телом. При протягивании последнего через трубопровод и одновременном противодавлении поршня цементный раствор прессуется и намазывается на внутреннюю стенку трубы, так что в результате возникает слой обшивки толщиной 5 мм (рис. 7.6).

Акционерное общество подземно-высотного строительства ФРГ разработало двухслойную систему восстановления проходных каналов с использованием шприц-метода. В двухслойной системе первый слой служит анкерровкой (закреплением) для второго. Для первого слоя используется шприцбетон с полиакрилонитриловыми волокнами (ПАЕВ). Его изготавливают с применением водоэмульгированной эпоксидной смолы, которая в 2 раза увеличивает относительное удлинение при разрыве, снижает модуль упругости, уменьшает реверберацию и придает тем самым прочность выравнивающему слою бетона на поврежденной поверхности канала.

После аппликации волокнистого шприцбетона он задерживается в процессе твердения на поверхности и потом смывается, так что волокна оголяются. Их заделывают в покрытие из реактивных смол, которое наносят в качестве второго слоя (рис. 7.7), чтобы находящаяся между покрытием из реактивных смол и бетонной поверхностью вода не создавала напора. Покрытие из искусственных материалов наносят под углом 270° . В нижней части, в основании канала, бетон остается без покрытия.

Работа выполняется в следующей последовательности:

глубокая очистка пор покрываемой бетонной поверхности водой (под высоким давлением - до 1200 бар);

заполнение глубоких дыр ПАНВ без волокнистых добавок;

нанесение ПАНВ с толщиной волокон до 2 см;

выравнивание поверхности шприцбетона и нанесение замедлителя (ингибитора) схватывания методом набрызга;

смывание цемента для оголения полиакрилонитриловых волокон (как фибр);

нанесение полиэфирного покрытия в три приема: грунтовка волокнистой фибры, закладка в нее стеклоарматуры и нанесение слоя для получения свободной от пор ровной и гладкой поверхности.

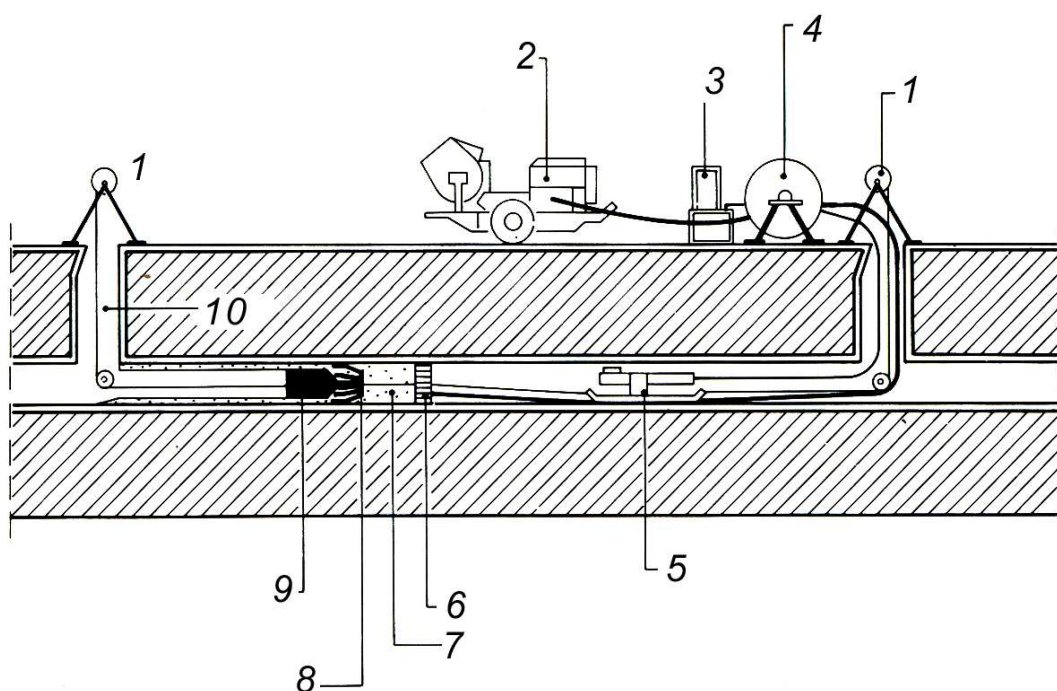


Рис. 7.6. Принципиальная схема метода вытеснения (Тате-метод):

1 – лебедка; 2 – насос и смешивающее устройство; 3 – щит управления; 4 – барабан со шлангами; 5 – телекамера; 6 – направляющее перо; 7 – цементный раствор; 8 – направляющее перо; 9 – вытесняющая головка; 10 – трос.

Описанная система покрытия, по данным фирмы, имеет следующие достоинства.

1. Выравнивающий слой волокнистого шприцбетона, используемый в качестве грунта для покрытия из реактивных смол не имеет трещин благодаря заделыванию водоземлюгаторной эпоксидной смолы в цементно-каменную матрицу.

2. Слой реактивной смолы (выполненный при первом применении в Гамбурге как сложный полиэфир, усиленный стекловолокном) обладает высокой устойчивостью к химическим воздействиям.

3. Покрытие из реактивных смол прочно сцепляется с основанием благодаря заделыванию в смолу и шприцбетон коррозионноустойчивых волокон.

4. Все слои наносятся методом набрызга, поэтому можно тут же на месте выполнить покрытие любой формы.

Центробежный метод нанесения покрытий состоит в том, что материал для покрытия выбрасывается через быстро вращающуюся головку центрифуги на внутреннюю стенку трубы. В водоводах покрытия, как правило, выравнивается специальным оборудованием. В каналах со сточными водами выравнивание возможно только в том случае, если нет смещения трубы и труба круглая. Поскольку в тоннелях со сточными водами подобное бывает крайне редко, там часто отказываются от выравнивания, оставляя поверхность необработанной.

Идея, на которой основан центробежный метод, была предложена еще в 1933 г. фирмой "Centriline" (США). Все применяемые сегодня методы нанесения покрытий представляют ее дальнейшую разработку и называются Centriline-методом.

Разработан он был преимущественно для водоснабжения, для труб или трубопроводов из стали или чугуна.

Центробежный метод имеет следующие преимущества перед другими методами нанесения покрытий:

- его применение не зависит от номинального внутреннего диаметра и длины бьефа;
- позволяет наносить покрытие на бетон, керамику, сталь, чугун, клинкерную кладку;
- допускает работу не только с цементными, но и с искусственно модифицированными цементными растворами или растворами с реактивной смолой;
- обеспечивает более высокую плотность покрытия по сравнению с методом вытеснения;
- дает возможность повышать несущую способность трубопроводов;
- позволяет варьировать толщину слоя;
- по сравнению с методом вытеснения дает меньше повреждений при выступе частей труб, угловом смещении и больших допусках размеров труб и форм поперечного сечения;
- обеспечивается высокая производительность - примерно 150 м в день (от одного до двух бьефов);
- присоединительные каналы не являются существенной помехой в работе.

Вместе с тем центробежный метод имеет ряд недостатков:

- подлежащие восстановлению участки и присоединительные каналы должны быть выведены из эксплуатации;
- основание необходимо тщательно подготавливать в зависимости от выбранного материала покрытия;
- наносить покрытия можно преимущественно при круглом поперечном сечении труб;
- выравнивание поверхности возможно только в круглых водоводах без выступов трубы.

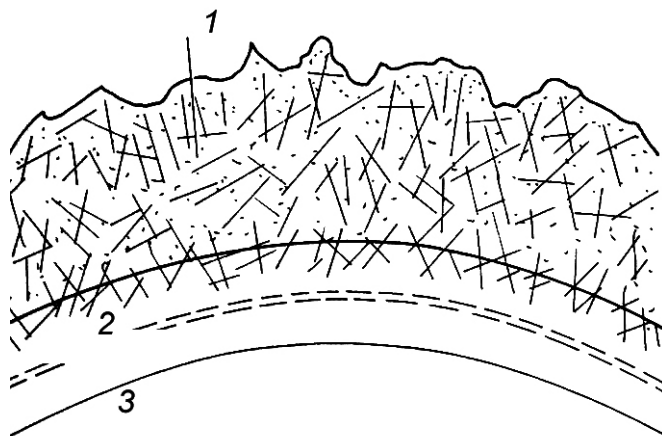


Рис. 7.7. Нанесение шприц-бетонного слоя с использованием в качестве анкеров фибры из стекловолокна:

1 – шприц-бетон с синтетическими волокнами; 2 – стеклоткань; 3 – полиэстер с прокладкой из стеклоткани.

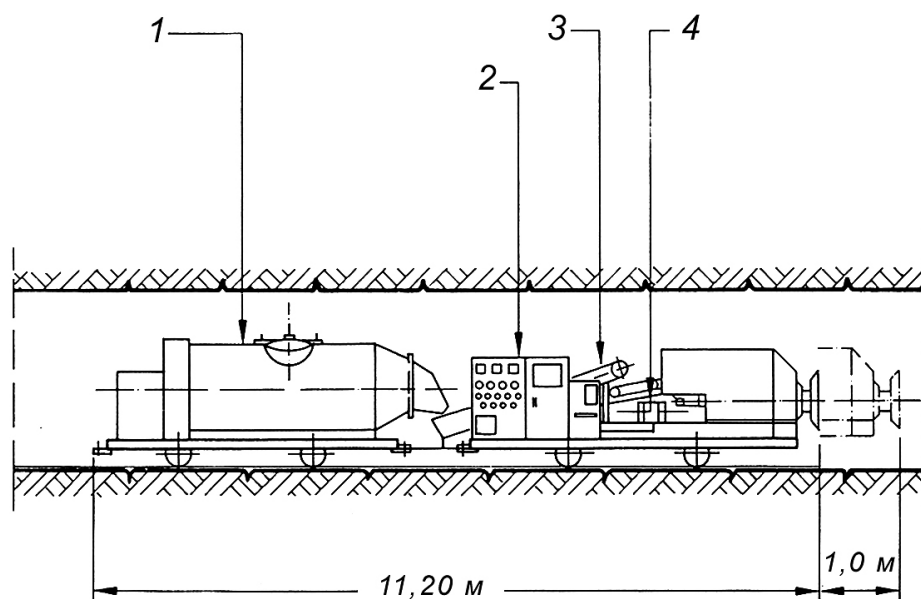


Рис. 7.8. Dynamicrote набрызг-машина с устройством для изготовления бетона:

1 – емкость с материалами; 2 – щит управления; 3 – транспортер; 4 – механизм сжижения.

Расходы на восстановление по центробежному методу составляют примерно 20-50 % затрат на укладку нового трубопровода.

Оригинальный метод облицовки тоннелей разработан в Японии, однако применение его для нанесения покрытий в тоннелях со сточными водами неизвестно.

Движущаяся по рельсам центробежное устройство с помощью специального диска наносит на стенки тоннеля бетон с максимальной величиной фракций зерна 15 мм. Производительность - 4-5 м³/ч. Бетон подается по шлангопроводу или трансферкаром вагоном-прегрузателем (рис. 7.8);

В 1984 г. в Англии разработан метод (CSL Polyspray) покрытия трубопроводов или их участков растворами из реактивных смол. Покрытие наносится с помощью центрифуги, состоящей из смесительной камеры, секции желирования и насадки с приводом для разбрызгивания раствора. Оба компонента полиуретановой смолы перекачиваются насосами в смесительную камеру и там интенсивно перемешиваются вмонтированным в камеру пластмассовым статик-смесителем.

Между смесительной камерой и насадкой для разбрызгивания находится секция желирования, где происходит самая первая реакция и застуднение смеси (чтобы смола не стекла по стенкам трубы). Секция желирования имеет подающий шланг, длина которого в зависимости от диаметра и скорости прохождения смеси составляет от 1 до 3 м.

Насадка для разбрызгивания приводится в действие давлением воздуха и представляет собой конусообразную воронку с отверстиями для выхода смолы; скорость вращения - 10 000 об/мин (рис. 7.9).

Широкое применение в высокоразвитых странах, таких, как ФРГ, Англия, США и др., находит облицовка стен тоннелей плиточными материалами.

Плиточные материалы предназначены для футеровки конструкций, работающих в агрессивных жидких и газообразных средах. В кислых средах (в том числе в плавиковой кислоте) применяют прессованные антегмитовые плитки АТС. Антегмит представляет собой смесь углеграфитового прессовочного порошка с фенолоформальдегидной смолой. Высокой химической стойкостью обладают плитки из полиметилметакрилата, которые получают методом литья. На рис. 7.10 представлена схема крепления плит к стенам тоннеля.

Проведенный анализ основных методов восстановления конструкций тоннельных коллекторов дает основание сделать вывод, что в этой области накоплен достаточный опыт, особенно в индустрии высокоразвитых стран. При выборе того или иного метода и материалов в каждом конкретном случае необходимо руководствоваться условиями производства работ, показателями агрессивности среды, а также экономическими критериями.

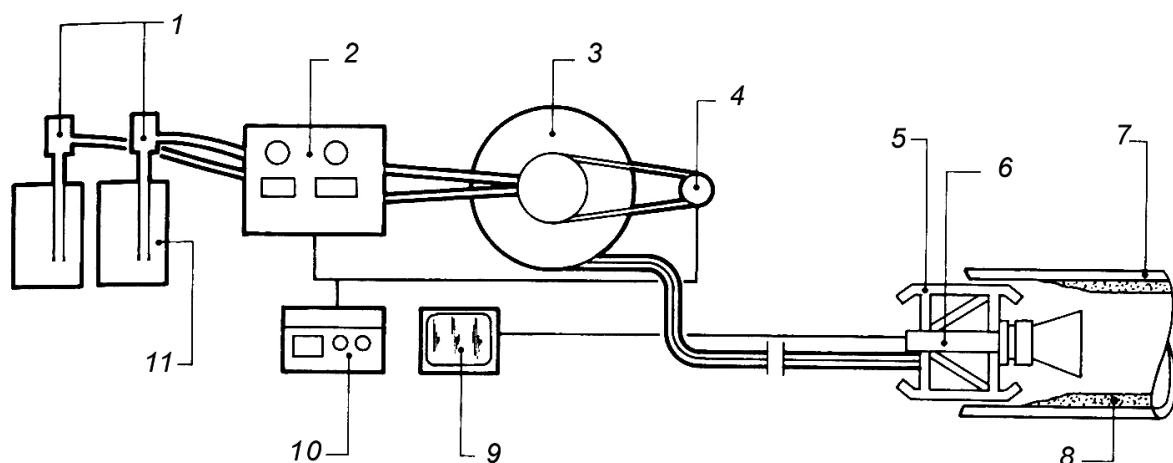


Рис. 7.9. Система восстановления конструкций «Polyspray»:

1 - транспортный насос; 2 - дозировочный насос; 3 - барабан со шлангами; 4 - мотор лебедки; 5 - каретка; 6 - камера; 7 - канал; 8 - нанесение слоя; 9 - монитор; 10 - компьютер; 11 - емкости с полиуретановой смолой.

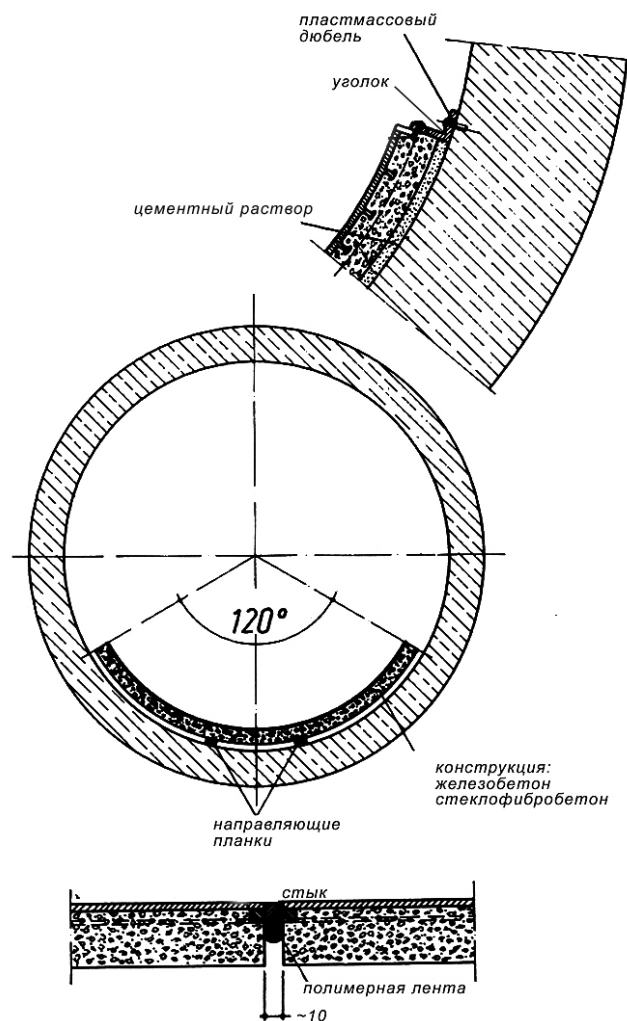


Рис. 7.10. Установка облицовочных листов из искусственных материалов в подошве тоннеля.

7.3. Метод вставок для ремонта поврежденных трубопроводов

Большое распространение получило в последние годы восстановление трубопроводов методом введения в разрушенную трубу новой. При этом используются трубы с различным сочетанием материалов из которых они изготовлены.

Железобетонные и бетонные трубы с футеровкой из керамики или пластмасс (многослойные трубопроводы) характеризуются высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью. Бетонно-керамическая труба представляет собой железобетонную трубу с

керамической футеровкой. Бетонно-пластмассовые трубы имеют внутреннюю, а иногда и внешнюю поверхность из мягкого поливинилхлорида. Связь с бетоном достигается благодаря Т-образным ребрам из жесткого поливинилхлорида, заанкеренным в бетоне. Заводы – изготовители поставляют многослойные трубы практически любых размеров.

Керамические трубы изготавливают из глины с добавкой шамота и покрывают глазурью. После выдержки в камере обжига в течение трех суток при температуре до 1250 °С материал трубы из пластического состояния переходит в твердое. Керамические трубы выдерживают наименьшую разрушающую нагрузку по сравнению с таковой у труб из других материалов.

Глазурь, имеющая состав, близкий к составу стекла, практически водонепроницаема, обладает высокой стойкостью к истиранию и шероховатостью от 0,20 до 0,15 мм. Эти значения шероховатости говорят о хороших гидравлических свойствах. Керамические трубы не подвержены коррозии под действием агрессивных веществ и устойчивы почти во всех средах, кроме плавиковой кислоты. Поэтому область применения таких труб не ограничена.

У пластиковых труб два очень важных достоинства – они обладают химической стойкостью и имеют гладкую поверхность. Отложения в них благодаря этому отсутствуют. Для закрытой подземной прокладки за рубежом используют трубы из упрочненной стекловолокном пластмассы, с усиленной стеклопластиком средней частью, воспринимающей осевое давление. При использовании метода вставок ремонтно-восстановительные работы ведутся закрытым (бестраншейным) способом с использованием смотровых колодцев и специальных ниш траншейного типа. На схеме протягивания нитки трубопровода из отдельных труб с растягивающим усилием (рис. 7.11) видно, что на первую, находящуюся в

пусковой шахте, трубу насаживают специальное устройство, к которому крепится тяговый канат. Затем трубу протягивают по поврежденному трубопроводу так, чтобы ее конец находился в стартовой шахте. Следующая труба соединяется путем зеркальной сварки, резьбового соединения, штепсельного разъема и затем с помощью лебедки протягивается от стартовой до следующей за ней шахты.

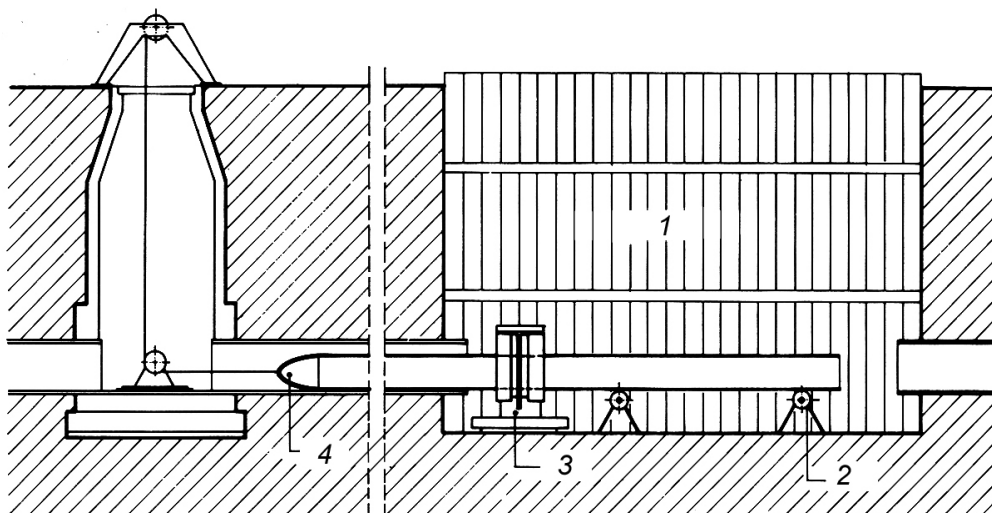


Рис. 7.11. Метод протягивания новых труб в поврежденный трубопровод: 1 – стартовая шахта; 2 – поддерживающие ролики; 3 – сварочный агрегат; 4 – крепежный элемент для троса.

Заслуживает внимания метод, при котором растягивающих усилий между новыми трубами не возникает. Тяговый канат, находящийся внутри нового трубопровода, крепят к опорной траверсе, а ее – к торцу каждой вновь устанавливаемой для наращивания трубы. Поскольку трубы работают только на сжатие, испытывать их на растягивающее усилие нет необходимости (рис. 7.12). Протягивание осуществляется с помощью лебедки. Недостатком метода является то, что в процессе протягивания может произойти перекашивание труб, их смещение, образование трещин. Вероятность этого возрастает, если наружная поверхность восстанавливаемой трубы неровная. В таких случаях проводят

дополнительные мероприятия: на внутренней трубе устанавливают специальные фиксаторы или передвижные транспортные зажимы со скользящими полозьями либо роликами.

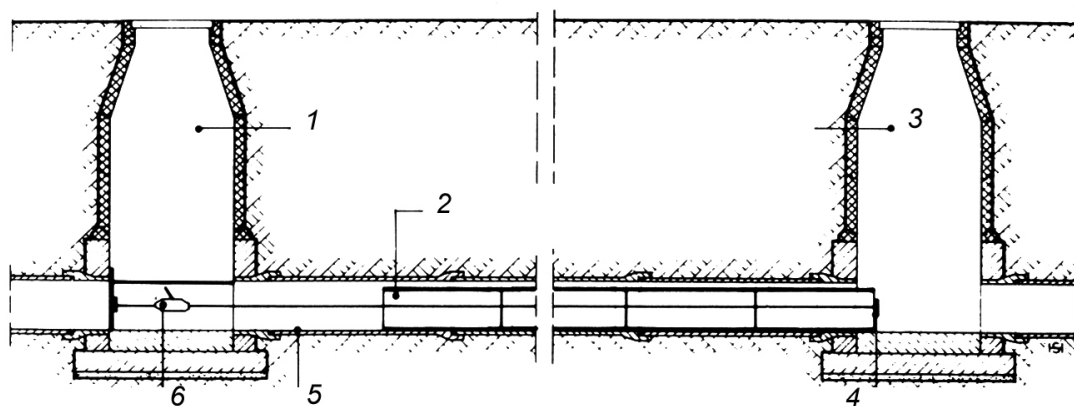


Рис. 7.12. Монтаж нового трубопровода без растягивающих усилий: 1 – целевая шахта; 2 – новые трубы; 3 – стартовая шахта; 4 – опорная траверса; 5 – поврежденный трубопровод; 6 – лебедка.

В протяженных бьефах могут возникнуть деформации при продольном изгибе. Чтобы избежать этого, вводят внутрь монтируемой новой трубы дополнительные тросы. Трубы протягивают через подлежащий санации трубопровод по отдельности и внутри соединяют.

Для фиксации нити трубопровода необходимо точно установить первую трубу в целевой шахте (рис. 7.13). Трубы с непроходимыми площадями поперечных сечений протягивают с помощью продуваемого пакера – трубного сальника для скважин, устанавливаемого на трубе, или специального приспособления для перемещения трубы (рис. 7.14), которое имеет на конце отгибатель краев кверху. Процесс осуществляется с помощью конического наконечника, который укрепляют на вновь устанавливаемой трубе. Сварка труб между собой может производиться через индикаторную катушку, вмонтированную в пакер с помощью индикаторной сварной ленты. Пакер, служащий одновременно каркасом для протягивания, располагают так, чтобы индикаторная катушка

находилась в области соединения труб. Чтобы снизить сопротивление, возникающее в процессе протягивания, а также предотвратить перекосы и повреждения, используют салазки или полозья.

При методе выдвигения (выдвижном методе) трубы соединяют в стартовой шахте и монтируемую нитку трубопровода каждый раз передвигают по старому трубопроводу на расстояние одной трубы.

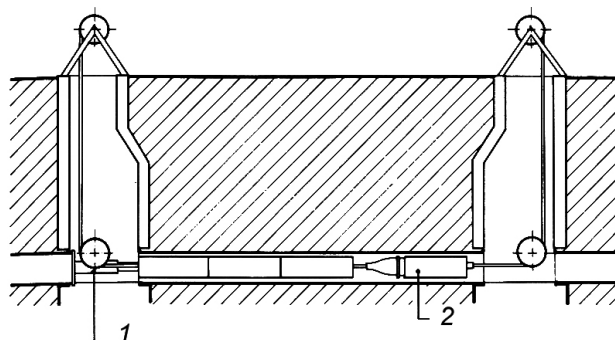


Рис. 7.13. Метод протягивания отдельных труб с фиксацией первой трубы в целевой шахте: 1 – фиксация трубопровода; 2 – вводимая труба.

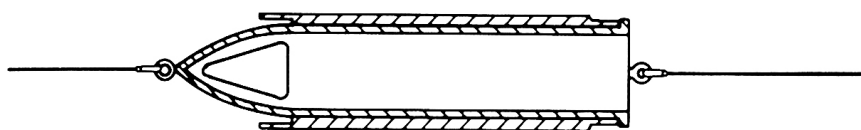


Рис. 7.14. Приспособление для протягивания отдельной трубы.

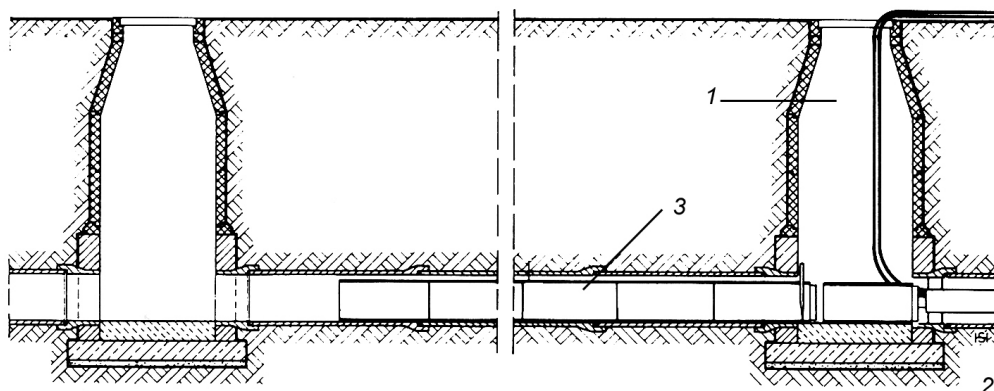


Рис. 7.15. Передвижение труб с помощью гидравлических домкратов: 1 – целевая шахта; 2 – гидравлические цилиндры; 3 – вводимые трубы (Inlinerrohr).

Одним из часто используемых простых способов перемещения труб является их передвижка вручную. Это возможно, если: масса трубы невелика; расстояние, на которое перемещают трубы, небольшое (в зависимости от длины вставок); стенки трубопровода, подлежащего санированию, гладкие. В противном случае трубы передвигают с помощью гидравлических домкратов (рис. 7.15).

Метод спуска отличается от описанных методов тем, что усилие, необходимое для перемещения трубы, прикладывается не непосредственно к трубе, а к оборудованию, на котором перемещается труба. При этом используют сани с полозьями, колесную тележку, тележки на рельсах (рис. 7.16); вилочные погрузчики, монорельсовую подвесную дорогу (рис. 7.17). Перечисленные приспособления могут передвигаться вручную и с помощью лебедки.

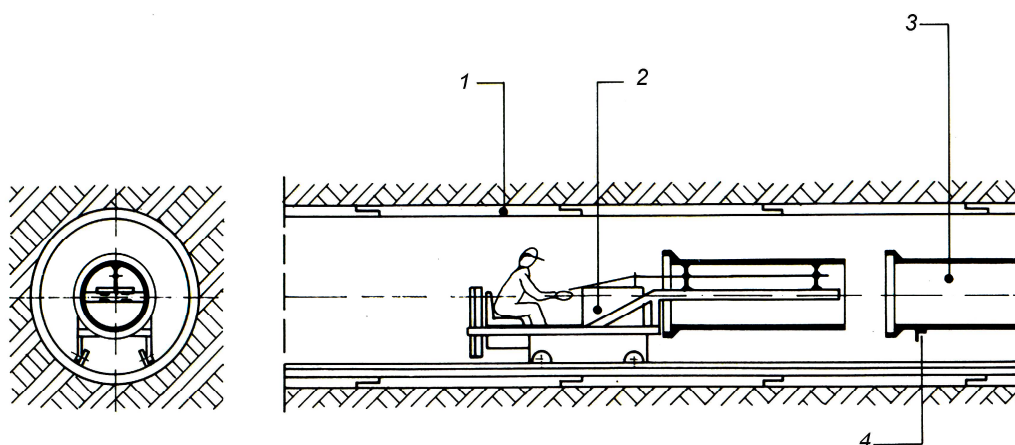


Рис. 7.16. Перемещение труб с помощью тележки на рельсах: 1 – коллектор большого диаметра; 2 – автокар; 3 – керамическая труба; 4 – элемент опирания трубы.

Большой интерес представляет метод «Релайнинг» (Relining): в бьеф вводится пропитанный смолой шланг, который затем припрессовывается к внутренней стене, затвердевает и превращается в так называемую «трубу–Insitu».

В зависимости от способа введения шланга в saniруемый бьеф различают следующие методы: «Insitu-форма», «Copeflex», «KM-Inliner».

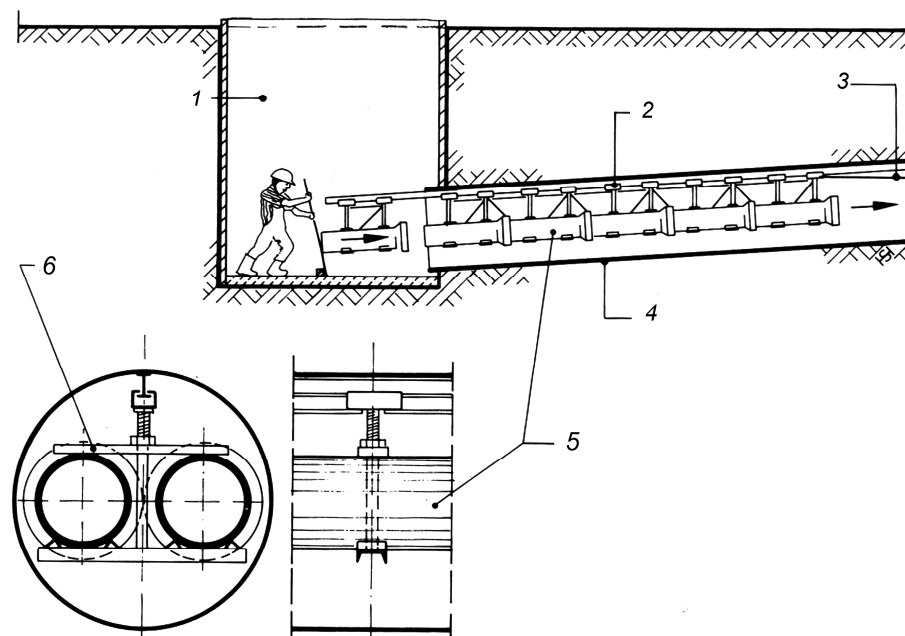


Рис. 7.17. Перемещение труб с помощью монорельсовой линии: 1 – стартовая шахта; 2 – рельсовый путь; 3 – тяговый трос; 4 – существующий трубопровод; 5 – керамические трубы; 6 – подвесное устройство для труб.

Одним из наиболее часто используемых является метод, разработанный в 1971 г. в Великобритании и запатентованный как «Insitu-форма». При этом методе гибкий, пропитанный синтетической смолой полиэстровый шланг из нетканого материала под напором воды вводится в saniруемый бьеф. Твердение смолы происходит благодаря нагреванию содержащейся в шланге воды (рис. 7.18).

Материал шланга, подгоняемый по размерам к санируемому трубопроводу, пропитывается эпоксидной смолой. После этого происходит сшивание мата в шланг. На мат предварительно укладывают фольгу из ПВХ, размеры которой с одной стороны подгоняются к внутреннему диаметру шланга, а с другой стороны – к длине бьефа санируемого трубопровода. Затем пропитанный шланг вытягивается лебедкой из

смотрового колодца в заранее очищенный и освобожденный от наносных отложений санируемый бьеф (рис. 7.19). При нагнетании сжатого воздуха или воды под давлением 0,1–0,5 бар фольга расширяется и шланг прижимается к внутренней стене.

Время реакции смолы можно регулировать нагревом воды или электрическим подогревом благодаря нагревательной проволоке, вмонтированной в фольгу шланга. В течение 3–8 ч (в зависимости от температуры) поддерживается внутреннее давление. После этого фольгу шланга удаляют, причем она может быть использована в дальнейшем.

Метод «KM-Inliner» был разработан в 1985 г. группой «Канал–Мюллер» (ФРГ). Шланг «Inliner» состоит из поглощающего смолу нетканого материала подкладки, например из войлока или ватного холста (мычки), полученного на основе прочеса и усиленного стекловолокном, а также из внешнего слоя покрытия, например полиуретана (рис. 7.20). В этот шланг на заводе или на строительной площадке вводят распределяемую вальцами смолу в количестве, превышающем меру насыщения. Затем обработанный шланг втягивается в санируемый бьеф и одновременно специальным вальцем пробиваются отверстия в наружном слое шланга. Расширение и придавливание шланга к стенкам трубы происходит с помощью вспомогательного или калибровочного шланга.

Во время расширения избыточная масса вытесняется через отверстия в наружном слое покрытия, заполняя трещины, поры и другие пустоты. Твердение смолы происходит в результате нагревания воды в шланге.

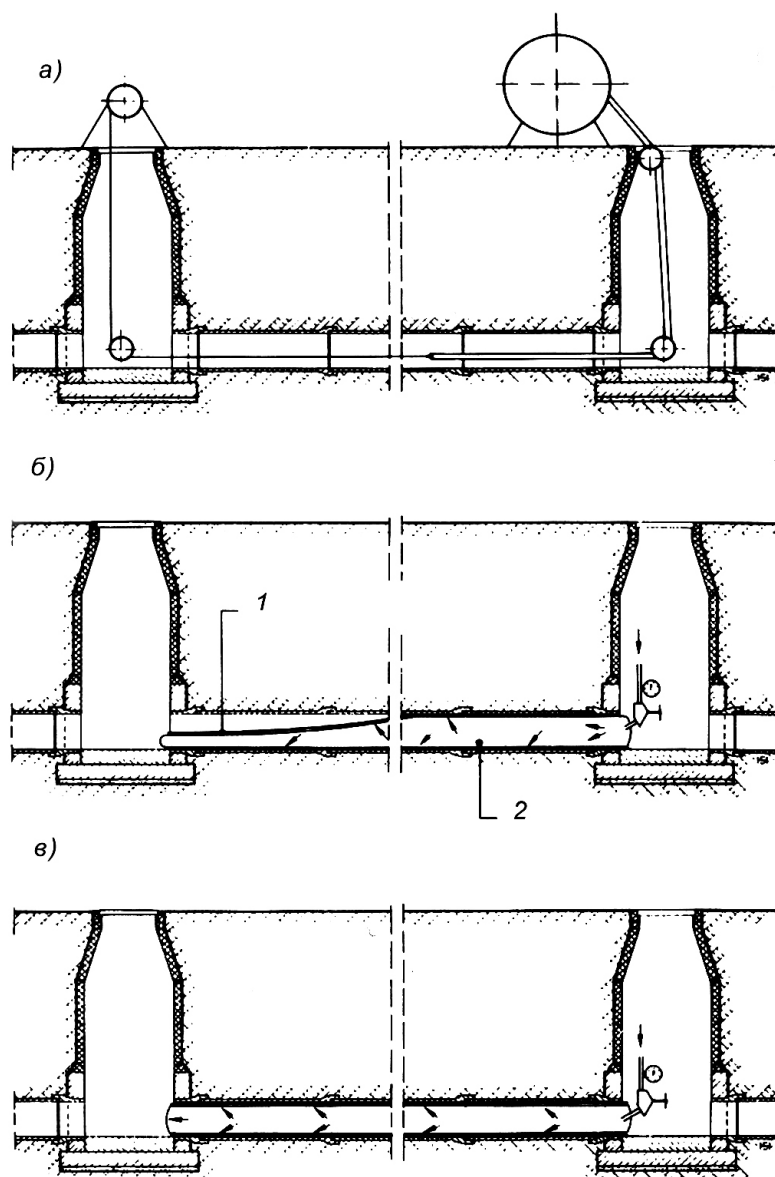


Рис. 7.19. Метод «Coreflex»:

а — протягивание шланга; *б* — заполнение шланга водой;
в — нагревание воды и приклеивание шланга: 1 — шланг, пропитанный смолой; 2 — облицовка разрушенного трубопровода.

После успешной полимеризации калибровочный шланг удаляют, его можно использовать повторно.

Основные широко применяющиеся методы закрытого ремонта трубопроводов систематизированы и сведены в таблицу (табл. 7.2).

Ремонт конструкций трубопроводов разного назначения приводит к уменьшению в той или иной мере размеров внутренней площади поперечного сечения трубопровода, так как при ремонте на внутреннюю площадь поверхности трубопровода либо наносится покрытие, либо в трубопровод вводится труба–вкладыш с последующим расширением вкладыша или заполнением межтрубного зазора раствором.

В опубликованных источниках нет сведений о составе заполняющих растворов, о технологии нанесения заполнителя, а также (что очень важно) об использовании заполняющего раствора в качестве элемента несущей конструкции при отверждении и наборе прочности (без армирования и с армированием) межтрубного зазора. Отметим, что по методу «Релейнинг» несущая конструкция выполняется из стеклопластика, имеющего высокую стоимость (рис. 7.21). Поиск путей удешевления вкладышей – одна из задач, которую необходимо решать.

Ретроспективный анализ развития способов прокладки, перекладки и восстановления конструкций канализационных трубопроводов указывает во-первых, на тенденцию перехода от открытого (траншейного) способа работ к закрытому (бестраншейному) и, во-вторых, на все более широкое применение коррозионностойких конструкций из пластмасс, керамики или их комбинации с бетоном или железобетоном. Так, проходные коллекторы строятся с использованием щитов 1,1–5,6 м, непроходные – с применением минищитов 100–1080 мм. Вместо защитной (от коррозии) покраски, штукатурки применяется либо футеровка из керамики и пластмасс, либо упрочненная стеклопластиком пластмассовая конструкция труб.

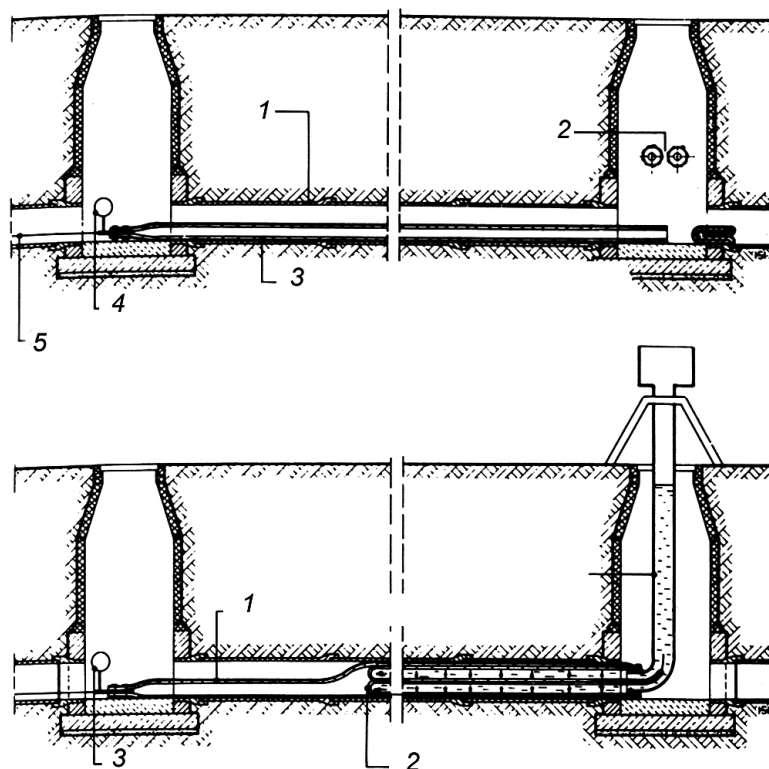


Рис. 7.20. Последовательность применения метода «KM-Inliner»: 1 – санируемый канал; 2 – перфорационные вальцы; 3 – пропитанный смолой шланг; 4 – удаление воздуха; 5 – (.....) трос.

Таблица 7.2

Методы ремонта трубопроводов различного назначения

№ п/п	Метод ремонта	Страна-разработчик	Материал труб	Транспортируемый продукт	Толщина слоя, мм	Номинальный диаметр труб, мм	Длина участка, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Метод «Суперсилик» Рабочий процесс: 1) заполнение трубопровода жидким стеклом; 2) после откачки жидкого стекла подача стекла под давлением реактивного газа, обеспечивающего твердение	Венгрия	Бетон, керамика	Сточные воды	—	Не ограничен	Не ограничена
2	Метод «Ценетри» Гидроизоляция поврежденных мест многократной пропиткой. Запрессовка двухкомпонентной синтетической смолы в поврежденные места	США	То же	То же	—	150–1000	Ограничена
3	Система «Хеллибартон-Телегрут»	»	»	»	—	150–1000	Не ограничена
4	Метод инъектирования Гидроизоляция поврежденных мест путем инъектирования различных материалов	»	»	»	—	Не ограничен	То же
5	Метод уплотнения с помощью расширяющихся материалов Подача расширяющихся материалов в трубопровод вспучивает пеняковые прокладки муфт и уплотняет соединения	ФРГ	Сталь, чугун (зачеканенные муфты)	Газ	—	300	Не ограничена
6	Метод «Ле Джойнт-Интерн» Уплотнительная манжета, покрытая клеем, надвигается на поврежденное место и фиксируется при расширении упаковки	Франция	Сталь, чугун	»	—	80–550	То же

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Метод «ЗМ» Подача под давлением цементного раствора в кольцевой зазор между пневматической опалубкой и внутренней поверхностью трубы	Германия	Сталь	Питьевая и хозяйственная вода	7	100–250	До 50
8	Метод «Тейт» Заполнение цементным раствором пространства между поршнем пресса и корпусом вкладыша. При протяжке последнего по трубопроводу с одновременным давлением поршня раствор плотно прилегает к стенке трубы и получается гладкая поверхность	Австралия, Англия	Сталь, чугун, бетон	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	5	75–600	25–90
9	Метод «Эрик» Протяжка электрода, соединенного с отрицательным полюсом источника тока, через трубопровод, заполненный битумной эмульсией и соединенный с положительным источником тока	США	Чугун, сталь	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	0,4	75–600	25–50
10	Метод «Ситчомент» Заполнение трубопровода цементным раствором и протяжка конического вкладыша	Австралия	Сталь, чугун	Питьевая и хозяйственная вода	Менее 3	80–200	70–150
11	Метод «Прелоуд» Механизированный набрызг и разравнивание цементного раствора на внутренней поверхности трубы	США	Чугун, сталь, бетон, керамика	То же	10	600	100–300
12	Метод «Стелворд» Набрызг битума на внутреннюю поверхность трубы	Англия	Чугун, сталь	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	1–2	75–2000	50–250

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Нанесение эпоксидного слоя Покрытие трубопровода однокомпонентным дегтевым эластомером	ФРГ	Чугун, сталь	Газ	3,5	До 1000	—
14	Метод «Гидрозан» Набрызг битумно-полимерного диопергента на внутреннюю поверхность трубы	»	То же	Вода	0,5–0,8	80–200	110
15	Нанесение эпоксидной смолы Набрызг двухкомпонентной эпоксидной смолы на внутреннюю поверхность трубы	Англия	То же	»	1–3	75–3000	110
16	Метод «Сетрилайн» Нанесение цементного раствора на внутреннюю поверхность трубы с последующим ее выравниванием	США	»	Питьевая и хозяйственная вода	3–10	80–3600	До 450
17	Метод «Инкомент» Нанесение мелкозернистого цементного раствора, упрочненного пластмассой, на внутреннюю поверхность трубы с последующим ее выравниванием	ФРГ	»	То же	3–10	80–3600	До 450
18	Метод «Фон-Арко» Нанесение на внутреннюю поверхность синтетического каучука с холодной вулканизацией	Швейцария	»	Газ	—	—	400
19	Метод «РФ» Протяжка пленочного рукава, фиксированного в начале и в конце трубы	ГДР	Чугун, сталь, асбест	Питьевая вода	—	8–300	200
20	Пленочный вкладыш Протяжка в трубе пленочного рукава, покрытого клеем. Прижатие к внутренней поверхности трубы сжатым воздухом	Англия	Чугун, сталь	Газ	Пленка около 0,2	80–400	250

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
21	Метод «PR» Пластмассовая труба, протянутая внутрь ремонтируемого трубопровода, расширяется под действием давления и температуры и плотно прилегает к внутренней поверхности трубы	Германия	Чугун, сталь	Питьевая вода	—	80–150	150
22	Метод «PM» Упрочненная стекловолокном труба из пластмассы, протянутая в непотвердевавшем состоянии через существующий трубопровод, расширяется под действием внутреннего давления и температуры и плотно прилегает к внутренней поверхности трубы. При остывании происходит полимеризация материала	США	То же	То же	—	—	600
23	Метод «Релейнинг» Протяжка пластмассовой трубы в ремонтируемый трубопровод. Запрессовка кольцевого зазора между пластмассовой и восстанавливаемой трубой	Канада	Чугун, сталь, бетон, керамика, асбест	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды. Газ	Толщина стенок трубы зависит от ее диаметра	Более 80	500
24	Метод «Инситуформ» Войлочный рукав, пропитанный полиэфирной смолой, вводится в трубу и проталкивается под давлением воды. Твердение по месту осуществляется при подаче горячей воды	Англия	То же	То же	Рукав	Не ограничен	200 (при непроходных сечениях)
25	Метод «Этерлинг» Профилированные полосы, имеющие Т-образные выступы, подаются в специальное устройство, которое скручивает их по спирали и превращает в центрическую трубу-вкладыш	»	»	»	—	200–800	—

Создание коррозионностойких конструкций трубопроводов и разработка рациональных способов их прокладки определили технические и технологические решения восстановления работоспособности старых трубопроводов. Ремонтно-восстановительные работы должны проводиться закрытым способом через колодцы (трубопровод диаметром до 250 мм) или через ниши траншейного типа (трубопровод диаметром более 300 мм). Отмечая, что закрытый способ работ предпочтительнее открытого с точки зрения экологии, следует указать на необходимость поиска новых экономически эффективных конструкций, технологий работ и техники.



Рис. 7.21. Использование метода Relining при восстановлении канализационного коллектора в Бангкоке (Тайланд) диаметром 355...710 мм, длина коллектора 9300 м.

Примером разработок современных методов прокладки и ремонта сетей способ может служить одна из ведущих мировых фирм в области строительства туннелей и микротуннелей HERRENKNECHT (ФРГ). На протяжении многих лет эта фирма занимает ведущие позиции в строительстве и ремонте подземных транспортных систем различного назначения включая строительство новых линий метро, сетей водоснабжения, водоотведения и других. Машины выпускаемые фирмой

HERRENKNECHT возводят туннели диаметром от 250 мм до 4 м в сложных геологических условиях.

На рис. 7.22 представлена схема строительства микротоннеля с использованием коротких железобетонных труб.

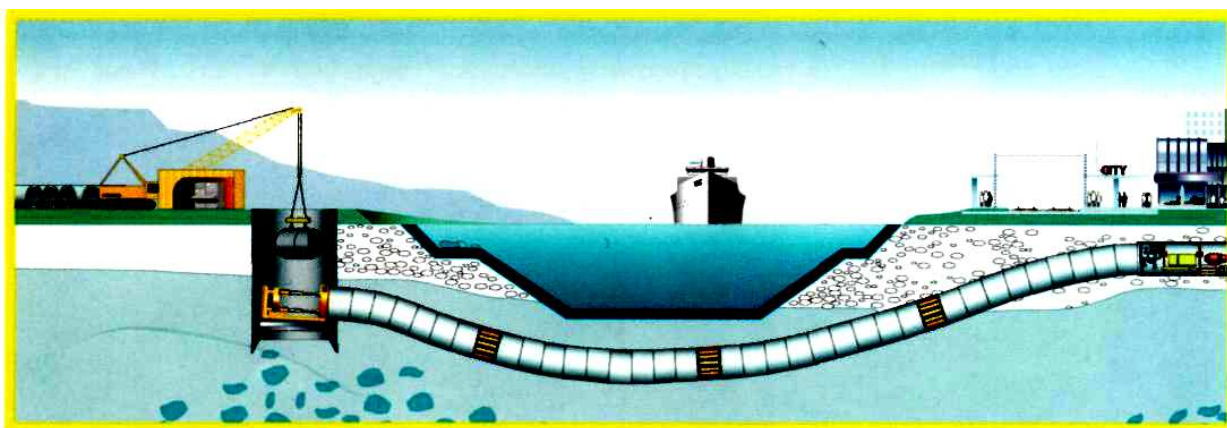
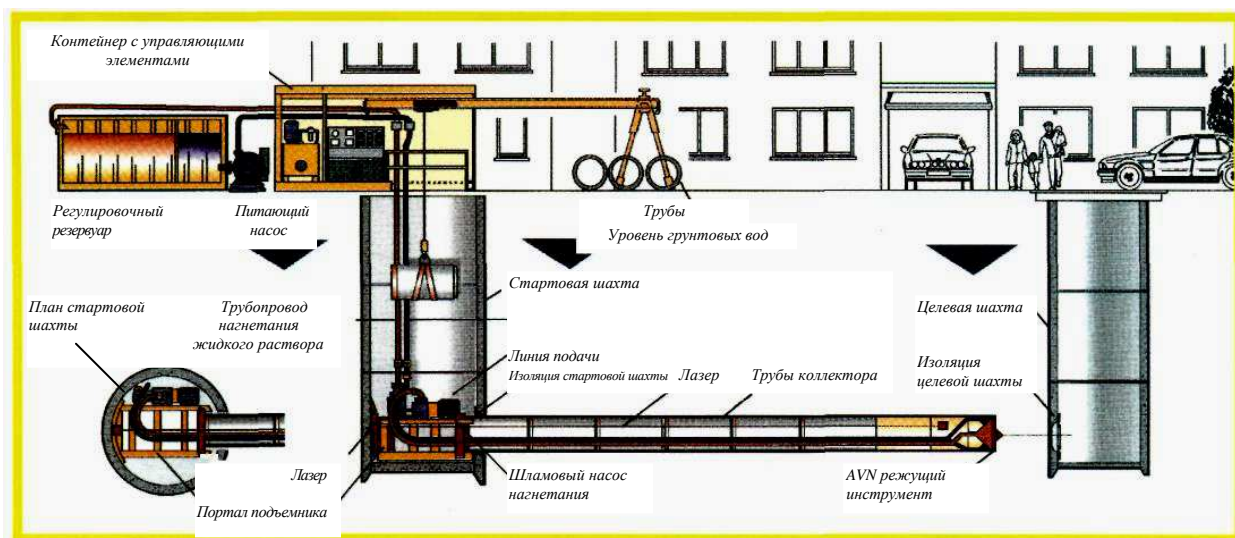


Рис. 7.22. Прокладка микротуннельная с использованием коротких труб.

Одним из участков для применения метода вставок стал 200-метровый участок канализационного трубопровода, проходящий под проспектом Гагарина в городе Харькове.

Работа выполнялась фирмой «Экополимер» с максимальным использованием оборудования отечественного производства.

Канализационный коллектор, глубиной залегания 5,5-7 м, был сооружен в 1963 г. Он был выполнен из раструбных железобетонных труб диаметром 500 мм. Необходимость ремонта была вызвана локальным провалом грунта над коллектором. При проведении диагностики его внутренней поверхности видеокамерой было обнаружено полное разрушение свода коллектора, что стало результатом коррозии железобетона, а также разрушения и смещение труб. Такая ситуация сложилась в связи с тем, что с момента строительства коллектора уровень грунтовых вод вокруг поднялся на 1,5-1,7 м, что привело к образованию плывунов, которые способствовали смещению и разрушению, а также дополнительной фильтрации и заиливанию коллектора песком, который выносится из около-трубного пространства.

Из-за большого, более 80 мм, смещения железобетонных труб и наличия поворотов санация коллектора из неорганического материала трубами при использовании одного стартового котлована практически была невозможно. Поэтому, для сокращения сроков ремонта восстановительных работ и уменьшения объемов земляных работ, было принято решение провести ремонт участка коллектора сварной полиэтиленовой трубой типа ПНД 400⁰ С (рис. 7.23).

Для выполнения работ был вырыт стартовый котлован размером 2,5×7м глубиной 7 м. Из-за большой глубины котлована и стесненных условий, сварка полиэтиленовых труб выполнялась на дне котлована с последующим протягиванием трубы (рис. 7.24).



Рис. 7.23. Протягивание полиэтиленовой трубы в разрушенный трубопровод



Рис. 7.24 Соединение труб с помощью сварки.

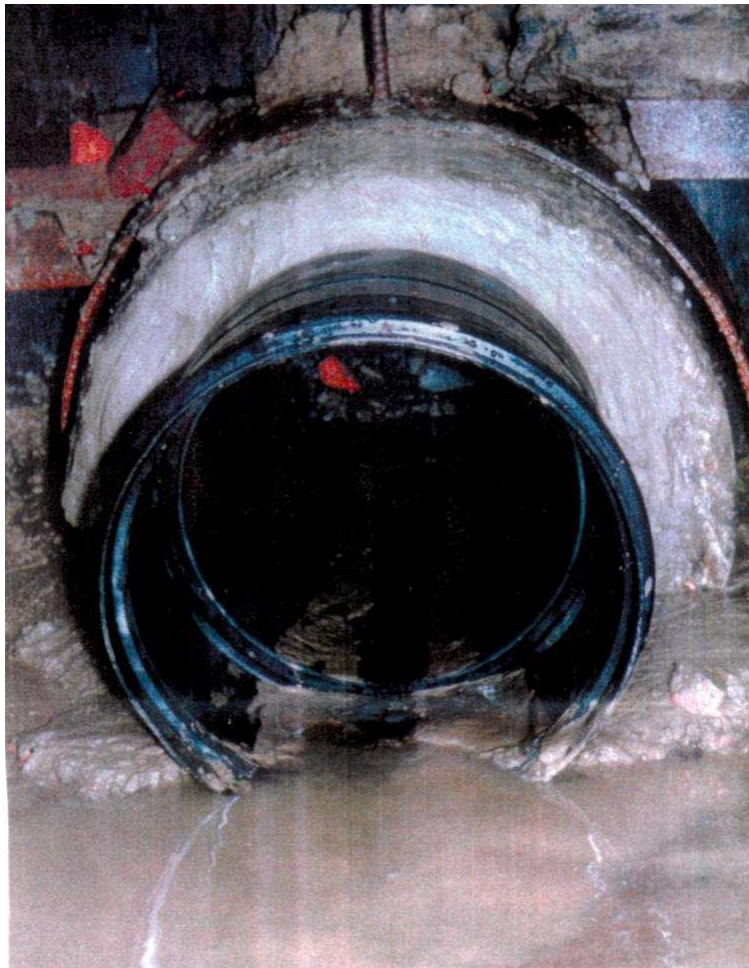


Рис. 7.25. Общий вид восстановленного трубопровода.

На время выполнения ремонтных работ были отключены участки канализационного коллектора с помощью пневмозатворов, перекачивание стоков происходило через поверхность заглубленными насосами. Работы в котловане выполнялись с использованием одной водопонижающей установки и дренажного насоса. Сварка полиэтиленовой трубы выполнялась специалистами НВФ «Экополимер» с использованием установки типа УСПТ-40/63 для стыковой сварки нагретым элементом. После протягивания сварочного полиэтиленового трубопровода из существующих колодцев (рис. 7.25) выполнили инъектирование межтрубного пространства цементно-песчаным раствором.

Работы были проведены за 1,5 месяца. Выполнение этих работ открытым способом заняло бы 4-5 месяцев.

После включения отремонтированного двухсотметрового участка коллектора было установлено, что скорость сточной жидкости в полиэтиленовом коллекторе выше, чем в старом, и несмотря на уменьшенный диаметр коллектора, коэффициент его заполнения по сравнению с железобетонным коллектором практически не изменился и остался равным $h/D = 0,5$.

В таблице 7.2 представлены данные свидетельствующие о преимуществе данного метода ремонта перед открытой перекладкой разрушенных труб.

Таблица 7.3

Сравнительная оценка восстановления коллектора по пр.Гагарина
открытым и закрытым способами (расчет в ценах 1997 г.)

№	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Стоимость, ед., грн.	Способ открытой перекладки		Бестраншейный способ	
				Количество	Общая стоимость, грн.	Количество	Общая стоимость, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Разбивание асфальтового покрытия	м ³	2,33	180	419	2,5	6
2.	Разработка щебеночной основы	м ³	0,22	300	66	3,15	0,7
3.	Разработка грунта П гр. экскаватором из глубины 6,5 м, с обработкой лопатой и загрузкой в автомобиль. Объем ковша 0,25 м ³	м ³	0,22	7750 (с учетом откосов)	1705	135 (с учетом крепления)	30
4.	Водопонижение из расчета одна установка мощностью 15 кВт на каждые 10 м погонной длины	сут.	324	45 (20 установок)	291600	20 (1 установка)	6480
5.	Демонтаж ж/б трубопроводов D=500 мм	м	1,6	200	320	7	ИД
6.	Замена ж/б трубопроводов D=500 мм	м	14,95	200	2990		
7.	Приспособление сб. ж/б колодцев глубиной 6,5 м	шт.	327,5	5	1637,5		

Продолжение табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
8.	Протаскивание сварной п/э трубы типа ПНД400 в ж/б футляр D=500мм	м	14,92			200	2984
9.	Стыковое сваривание п/э трубы типа ПНД400	м	200				
10.	Крепление стенок траншеи	м	12,5	200	2500	7	87,5
11.	Труба ж/б D=500мм	м	12,5	200	2500	-	-
12.	Труба п/э D=400мм	м	209,3	-	-	400	83720
13.	Металлоконструкции для крепления	т	1375	20	27500	4,5	6187,5
14.	Доска 40 мм (не обрезная для крепления стенок траншей котлована)	м ³	130	25	3200	7	910
Всего					334437,5		90817,5

7.4. Разработка технологии ликвидации локального обрушения канализационного тоннеля

Большая часть канализационных тоннелей глубокого заложения в городах Украины эксплуатируется более 20 лет и в соответствии с “Едиными нормами амортизационных отчислений” полностью выработала свой ресурс. Учитывая, что толщина тоннельных обделок составляет примерно 260-320 мм, а скорость разрушения бетона вследствие газовой коррозии 6-10 мм/год, следует ожидать в ближайшие годы полную потерю несущей способности обделки на некоторых участках.

Надежность канализационных тоннелей зависит в основном от величины горного давления и от прочности конструкции. Исходя из этого, локальные обрушения конструкций могут происходить в зоне повышенного горного давления, т.е. в зоне неустойчивых обводненных грунтов, которые очень часто пересекают канализационные тоннели. Можно предположить, что масштабность разрушений которые могут возникать будет соответствовать масштабам аварий, которые происходят при строительстве тоннелей любого назначения в аналогичных инженерно-геологических условиях. Исследованиями установлено, что в таких аварийных ситуациях, если нет вышележащих крепких пород, земная поверхность деформируется и над местом обрушения образуется воронка. Учитывая, что канализационные тоннели - это гидротехнические сооружения, расположенные в плотно застроенных районах города, экономический ущерб от последствий аварий может многократно превышать полную стоимость плановых ремонтных работ, а несвоевременное отклонение (отвод) сточных вод может привести к непредсказуемым последствиям.

Ниже рассматривается разработанная технология ликвидации локальных обрушений конструкций канализационных тоннелей которые могут возникать в случае расположения тоннеля в обводненных неустойчивых грунтах. Данная технология может быть использована

предприятиями, эксплуатирующими канализационные тоннели, при составлении планов предупреждения и ликвидации аварий на канализационных тоннелях.

В качестве исходных данных для разработки технологии априори предполагается, что в канализационном тоннеле сводовая часть обделки частично разрушена коррозией (рис. 7.26) и в зоне максимального горного давления (в зоне водонасыщенных неустойчивых песчаных грунтов) произошло локальное обрушение обделки, которое привело к глухому завалу с образованием осадки (деформации), поверхности земли (рис. 7.27).

Суть разработанных для таких условий восстановительных работ заключается в следующем. Немедленно отключается тоннель, обследуются все здания и сооружения, находящиеся в зоне опасного влияния восстановительных работ, представителями проектной, эксплуатационной, строительной и других организаций с составлением акта.

В необходимых случаях на зданиях и сооружениях должны быть поставлены реперы и “маяки”, предназначенные для систематических наблюдений за состоянием зданий и сооружений в процессе восстановительных работ.

Для предотвращения дальнейших опасных осадок проектная организация совместно с генподрядчиком восстановительных работ разрабатывает специальные мероприятия, обеспечивающие сохранность зданий и сооружений, расположенных в зоне локального обрушения обделки тоннеля.

Чтобы провести восстановительные работы в сжатые сроки и недопустить при этом дальнейшей деформации земной поверхности, используются способ искусственного замораживания пльвуна жидким азотом и способ продавливания сборных железобетонных колец в зоне локального завала тоннеля. Для искусственного замораживания грунта жидким азотом глубину замораживающих скважин устанавливают с учетом глубины заложения тоннеля, угла наклона скважин и ширины обрушения

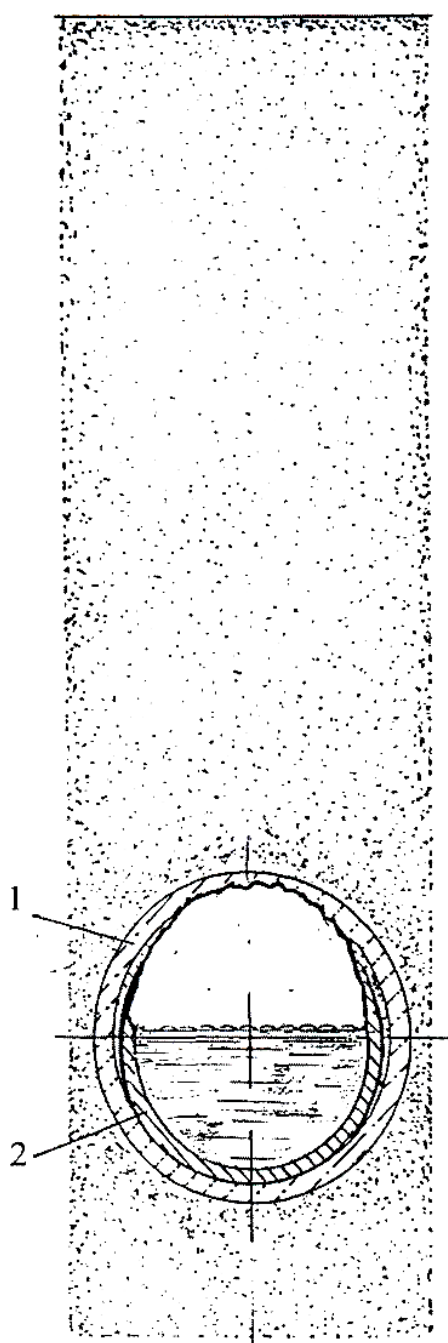


Рис. 7.26. Коррозия свода
обделки канализационного
тоннеля;
1 - сборная железобетонная
обделка; 2- монолитная
железобетонная обделка.



Рис. 7.27. Обрушение свода
обделки канализационного тоннеля;
1 – завал; 2 - монолитная
железобетонная облицовка;
3 – сборная железобетонная
обделка.

сводовой части тоннельной обделки, а замораживающие скважины в плане располагают с учетом контура деформации земной поверхности, размеров строительной площадки, существующих наземных и подземных сооружений и главное – размеров льдогрунтового ограждения (рис. 7.28).

Отличительная особенность льдогрунтового ограждения в том, что при отсутствии водонепроницаемых грунтов не создается искусственное водонепроницаемое днище, так как его роль выполняет не поврежденная коррозией подсводная (лотковая) часть тоннельной обделки. Льдогрунтовое ограждение выполнено в виде “крыши”, отторцованной колонками зонального замораживания грунта. Расстояние между осями замораживающих колонок А и В 1-1,1 м, а между осями колонок В и С – 0,75 м (рис 7.28).

Для бурения наклонных скважин используются станки вращательного действия ТУНБ-150, широко применяемые в странах СНГ для наклонного бурения или немецкие буровые станки “Hausherr НВМ”. Бурят скважины, используя трубы-штанги диаметром 63,5 мм с последующим опусканием замораживающих труб диаметром 114 мм.

Станок ТУНБ-150 позволяет вместо штанг для бурения применять насоснокомпрессорные трубы, которые после окончания бурения скважин можно использовать как замораживающие трубы. Приваренное в этом случае к трубам долото диаметром 145 мм оставляют вместе с трубами в скважине. Отверстие в долоте для прохода глинистого раствора герметизируют путем заливки раствора на расширяющемся цементе или установкой глиняных либо резиновых тампонов.

Процесс бурения осуществляют с промывкой забоя скважины глинистым раствором, который специально готовят на строительной площадке в глинорастворных комплексах. Эти комплексы включают буровые насосы, аппараты для приготовления и очистки раствора от частиц разбуренного грунта. Кроме того, на строительной площадке устанавливают земляные емкости - амбары для хранения резерва промывочной жидкости. Глинистые растворы для бурения замораживающих скважин готовят

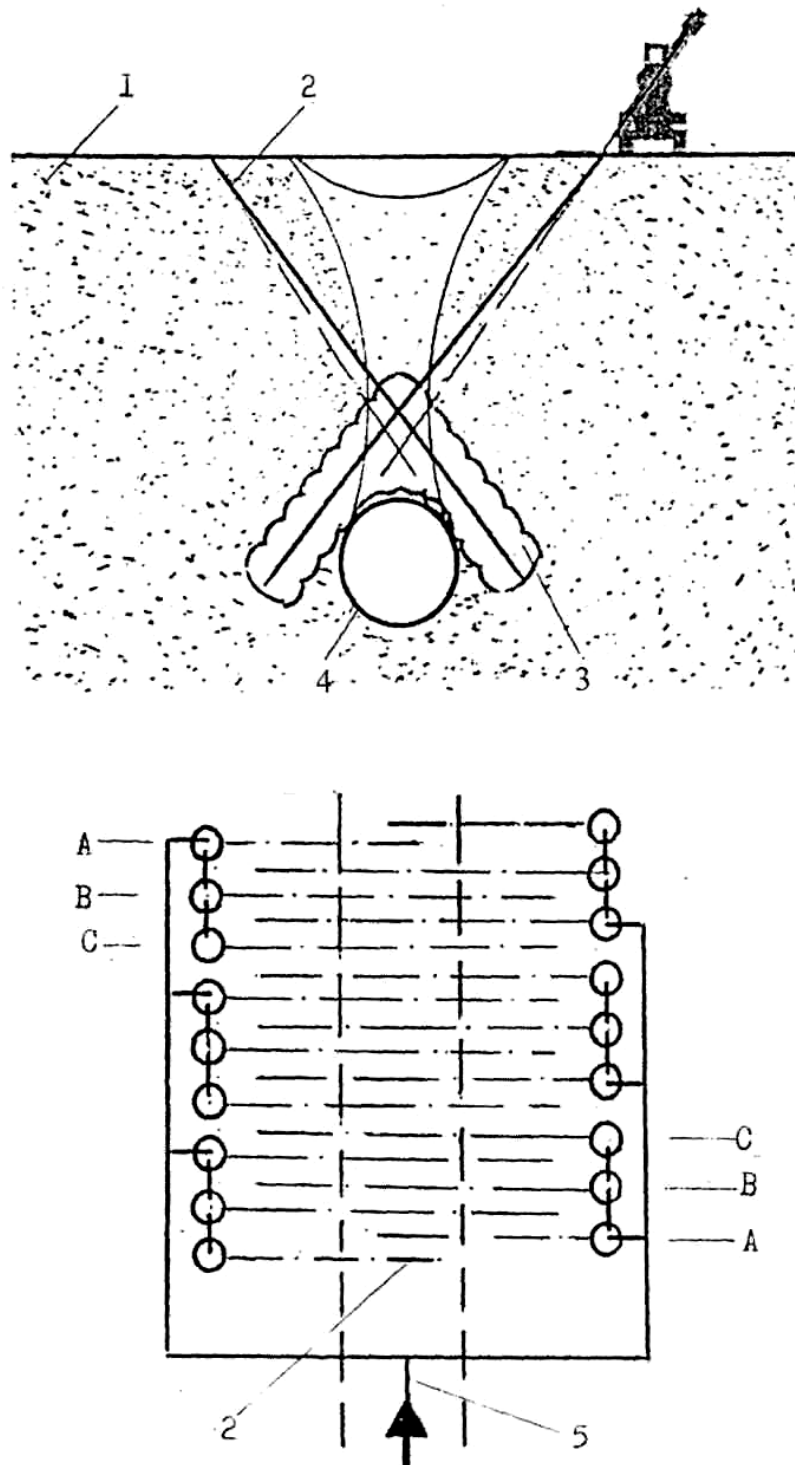


Рис. 7.28. Схема льдогрунтового ограждения вокруг локального обрушения свода тоннельной обделки:

1 - водонасыщенный грунт; 2 - замораживающие скважины;
3 - льдогрунтовое ограждение; 4 - контур тоннеля; 5 - подача жидкого азота в замораживающую сеть.

плотностью 1,15 – 1,30 г/см³ из порошковых глин и реже из комковых глин местных карьеров.

Для нормальной очистки забоя и выноса разбуренного грунта на земную поверхность в потоке промывочной жидкости рекомендуется поддерживать скорость восходящей пульты в затрубном пространстве 1-1,2 м/с в мягких грунтах и 0,7 - 1 м/с - в крепких. Для уменьшения количества глинистого раствора, уходящего в трещины и пустоты, увеличивают плотность глинистого раствора, добавляя в него глину и известь.

Управление работой буровой установки ТУНБ-150 сосредоточено на пульте управления установки, и ориентирование бурового станка в заданном направлении с требуемой точностью производят с помощью оптического наклонметра ВУ-1, позволяющего контролировать положение станка в процессе бурения и измерять отклонения скважин от заданного направления.

Монтаж сети производят после проверки и принятия (с составлением паспорта) замораживающих колонок. В колонки диаметром 60-114 мм опускают питающие трубы из нержавеющей стали диаметром 15-38 мм. Питающие трубы не доходят до башмака замораживающей колонки на 150 мм.

Каждые три замораживающие колонки соединяют последовательно, а затем эти группы колонок присоединяют к распределительной трубе (коллектору).

После монтажа азотной системы ее полностью обезжиривают с помощью четыреххлористого углерода. Для создания льдогрунтового ограждения жидкий азот завозят с кислородного завода на танках типа ТРЖК (транспортный резервуар жидкого азота). Он представляет собой цистерну емкостью 7 м³, смонтированную на шасси КрАЗа. Потери жидкого азота (испарение) при хранении составляют 1,5 кг/ч, а при транспортировке – 5,1 кг/ч.

Схема включения замораживающих колонок для образования льдогрунтового ограждения состоит в следующем (рис. 7.29). Жидкий азот от

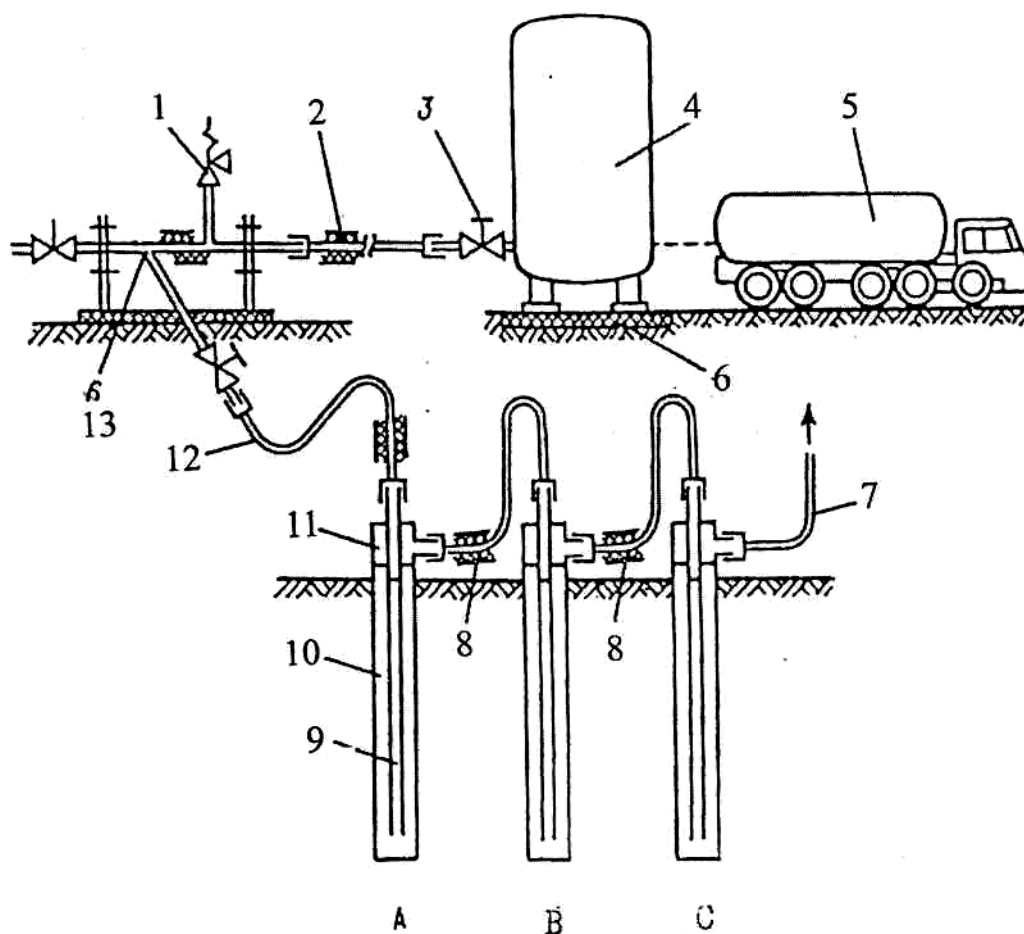


Рис 7.29. Замораживание грунта жидким азотом:

1 - предохранительный клапан; 2 - патрубок с изоляцией; 3 - запорный клапан; 4 - стационарная емкость для азота; 5 - азотовоз; 6 - фундамент для стационарной емкости; 7 - патрубок для отработанного газа; 8 - теплоизоляция; 9 - замораживающая колонка; 10 - трубопровод с изоляцией; 11 - замораживающая скважина; 12 - гибкий трубопровод с изоляцией; 13 - подключение к коллектору.

азотовоза или стационарной емкости по специальному гибкому шлангу подают в распределитель-коллектор, откуда он попадает в каждую из трех последовательно соединенных замораживающих колонок. Из распределителя жидкий азот поступает в питающую колонки трубу А. Эту колонку называют жидкостной. Из нее азот направляется в колонку В, где он частично превращается в парообразное состояние. Колонку В называют парожидкостной. Отсюда азот поступает в колонку С, которую называют газовой.

Во всех замораживающих колонках азот поступает в кольцевое пространство через нижние концы питающих труб и отверстия в нижних частях последних. Площадки отверстий и их расположение в колонках В, и их размеры определяются опытным путем. Азот в процессе замораживания сливают из емкости в замораживающие колонки с такой скоростью, чтобы он при выпуске его в атмосферу имел температуру не ниже -600C . Более низкая температура выходящего газа нецелесообразна по экономическим соображениям.

Начало смыкания замороженных цилиндров по всему контуру устанавливают по наличию отрицательной температуры в термометрических скважинах и подъему уровня воды в гидравлических скважинах, расположенных внутри замораживающего контура, который происходит вследствие увеличения объема льда при охлаждении от 0 до -40C .

После приемки работ по замораживанию выдают разрешение на разработку грунта в канализационном тоннеле в зоне завала, и подачу жидкого азота переводят на режим поддержания проектной толщины льдогрунтовой стенки.

Во время производства восстановительных работ наблюдение за всеми элементами замораживающей системы должно быть особенно тщательным, так как нарушение режима работы хотя бы одной включенной колонки может привести к оттаиванию грунта и прорыву плывунов в выработку.

Параллельно с организацией работ по искусственному замораживанию

грунтов в зоне вывала на заводе ЖБК изготавливают железобетонные кольца-вкладыши для возведения вторичной сборной обделки в зоне локального обрушения.

На рис. 7.30. показано конструктивное решение восстановления обделки применительно к канализационному тоннелю диаметром 2960 мм. Железобетонные кольца-вкладыши с внутренним диаметром 2660 мм могут быть изготовлены на заводе ЖБК с облицовкой поверхности бетона ребристым полиэтиленом. Железобетонные кольца-вкладыши, облицованные полиэтиленом, не только обеспечивают коррозионную стойкость конструкции, но и позволяют значительно уменьшить общую шероховатость ее внутренней поверхности. Пропускная способность колец-вкладышей в результате этого повышается.

После окончания периода образования льдогрунтового ограждения (активного замораживания) и начала периода поддержания отрицательной температуры замороженного грунта (пассивного замораживания) приступают к проходке завала и возведению вторичной обделки, используя при этом способ продавливания.

Разработана следующая технологическая схема способа продавливания.

Вначале проводят подготовительные работы:

пробурируют через завал горизонтальные скважины и протягивают через них стальные канаты;

опускают через смотровые шахтные стволы железобетонные кольца и продавливающие устройства, транспортируя их с двух сторон к месту завала. Затем ведут последовательно с двух сторон завала основные работы:

разрабатывают, погружают и транспортируют грунт;

продавливают железобетонные кольца, используя стальные канаты, пропущенные через завал.

Подземные восстановительные работы (рис. 7.31, 7.32) ведут циклично, заходками, равными длине выдвижения штоков гидродомкратов.

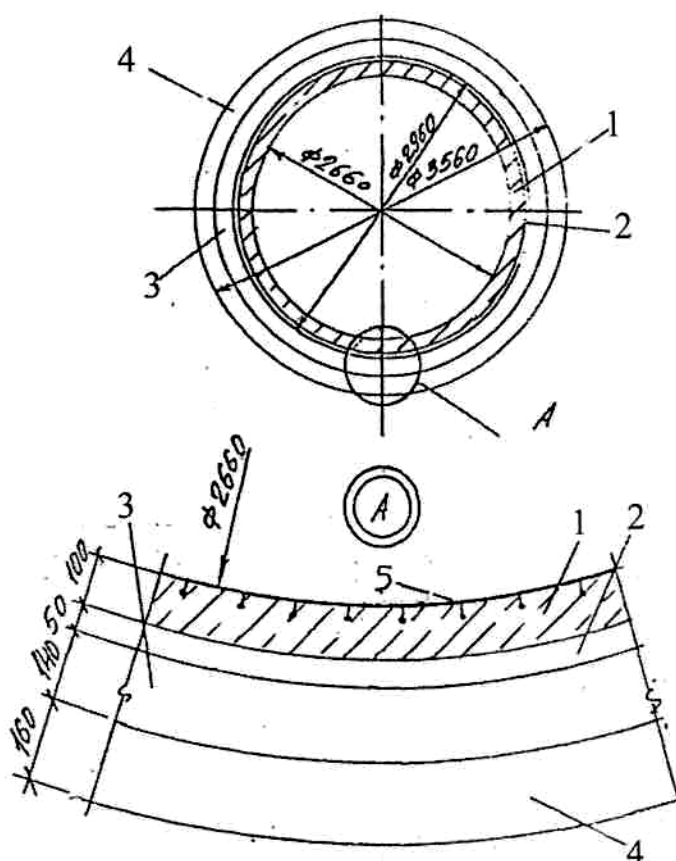


Рис. 7.30. Конструктивное решение восстановления первичной обделки канализационного тоннеля путем введения вторичной обделки:

1 – вторичная обделка из железобетонных колец; 2 - межобделочный зазор, инъецированный цементно-песчаным раствором; 3 - монолитная железобетонная облицовка первичной обделки; 4 - сборное железобетонное кольцо первичной обделки; 5 - антикоррозийное покрытие поверхности бетона вторичной обделки ребристым полиэтиленом.

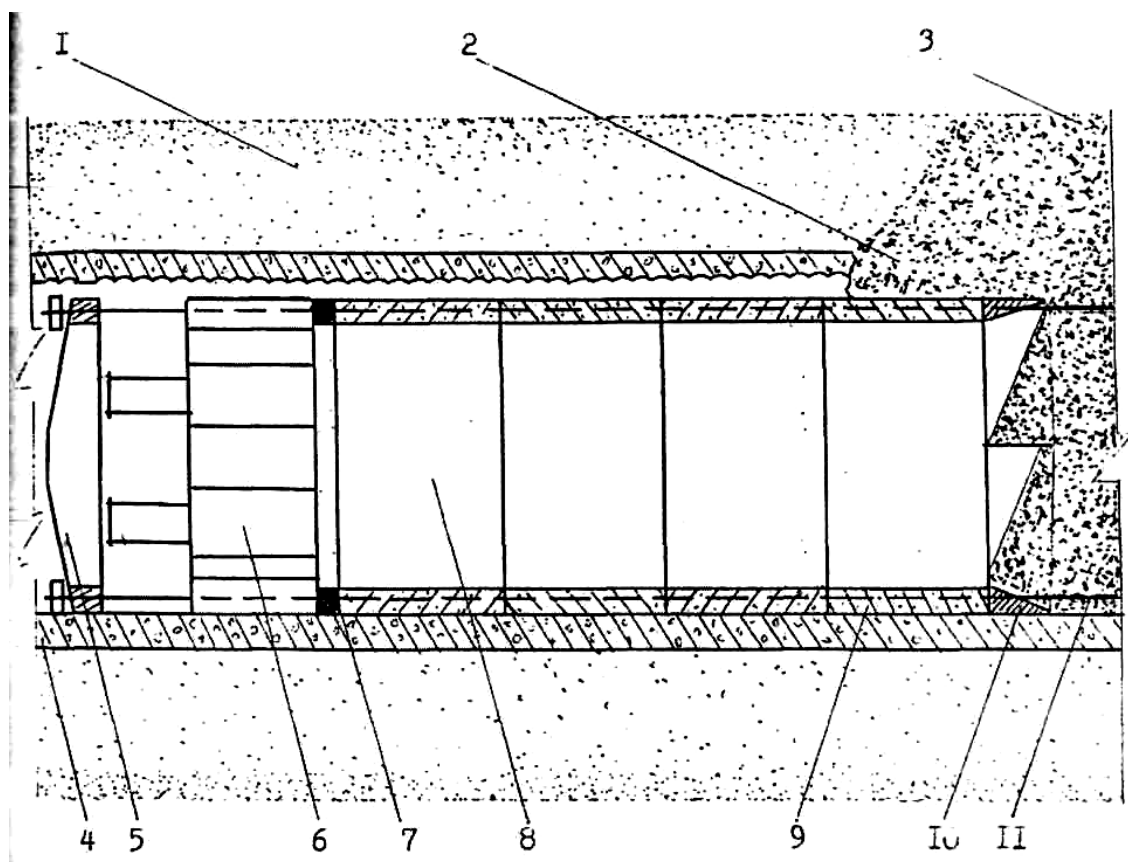


Рис. 7.31. Технологическая схема встречного продавливания через завал вторичной обделки из сборных железобетонных колец:

1- водонасыщенный неустойчивый массив грунта; 2- обрушенная сводовая часть обделки; 3- вывал грунта; 4- обделка грунта; 5- траверса; 6- гидродомкрат; 7- опорное кольцо; 8- железобетонное кольцо; 9-тяговый канат; 10- ножевая часть; 11- горизонтальная скважина для тягового каната.

Продавливающее устройство состоит из двух гидродомкратных установок 6, двух траверс 5 и стальных канатов 9. После очередного цикла штоки гидродомкратов, возвращаясь в исходное положение, подтягивают траверсы, а специальные зажимы на траверсах перекрепляют канаты.

Разработку и удаление грунта производят вручную с помощью

механизированного инструмента, малогабаритными породопогрузочными машинами на колесном ходу типа ПМЛ-4, ПМЛ-5. При наличии в ножевой части горизонтальных площадок грунт при продавливании колец попадает с площадок в поток вторичной обделки, откуда удаляется.

Для транспортировки железобетонных колец, проталкивающих устройств, вагонеток с грунтом и других материалов и изделий используют аккумуляторные автопогрузчики (рис. 7.32).

После проходки завала и возведения вторичной железобетонной обделки производят зачеканку стыков между железобетонными кольцами с помощью быстросхватывающегося расширяющегося цемента, а в заобделочный зазор нагнетают цементно-песчаный раствор. Качество первичного нагнетания, т.е. заполнения пустот, проверяют вторичным контрольным нагнетанием цементного раствора. На заключительном этапе работ выполняют сварку стыков ребристого полиэтиленового покрытия поверхности бетона. Продолжительность ликвидации рассматриваемого локального обрушения, тоннельной обделки может составить 20 суток из них 8 суток затрачивается на бурение скважин тремя буровыми станками ТУНБ-150, производительность которых ниже зарубежных типа “Hausherr НВМ”. Продолжительность ликвидации завалов можно сократить до 10 суток, при наличии аварийного запаса железобетонных (или иных) колец. Кроме этого можно сократить продолжительность бурения, увеличив количество станков или повысив их производительность.

Данные об основном оборудовании и механизмах, необходимых для осуществления описанной технологии ликвидации завала, сведены в таблице 7.4.

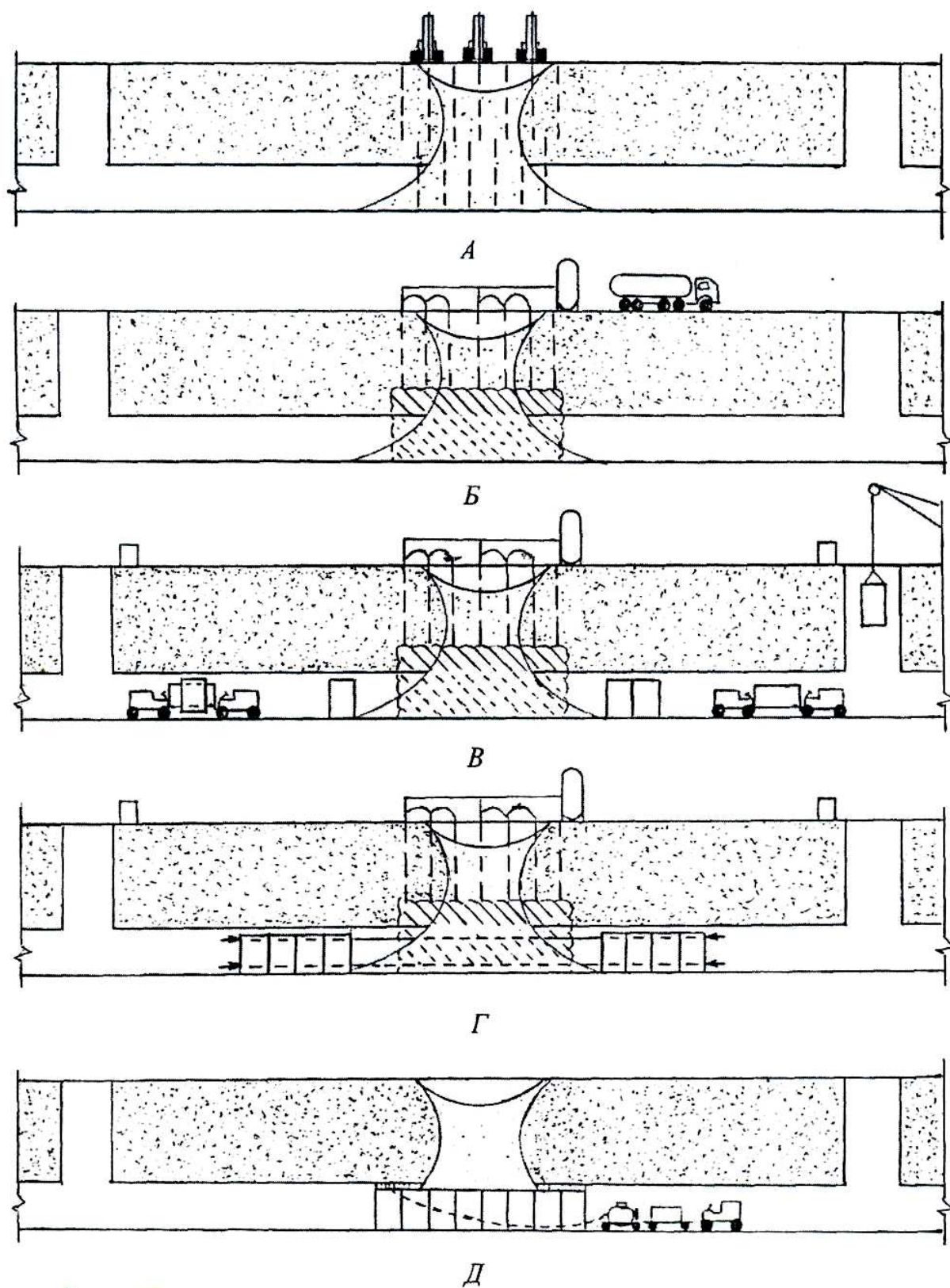


Рис. 7.32 Технологическая схема ликвидации обрушения свода:
 А - бурение скважин; Б - замораживание грунта жидким азотом; В -
 транспортировка железобетонных колец; Г - проходка и продавливание
 железобетонных колец; Д - нагнетание раствора в межобделочные зазоры

Таблица 7.4

Машины, оборудование и механизмы, необходимые для ликвидации
завала в тоннеле

№ пп	Наименование	Количество	Техническая характеристика
1.	Буровой станок ТУНБ-150	3	Угол бурения 30-75°, диаметр обсадных колонн 114-273 мм
2.	Азотовоз (танк) ТРЖК	1	Емкость 7м ³ на шасси КрАЗа
3.	Насос для подачи глинистого раствора ЗИФ-Р-240/40	3	Производительность 200 л/мин
4.	Автопогрузчик АВ-16 (Словацкая республика)	4	Аккумуляторный; грузоподъемность 1600 кг. Габариты: ширина 950, высота - 2123 мм
5.	Гидродомкрат стандартный щитовой Д-60	8	Рабочий ход домкрата от 600 до 1200мм
6.	Вентиляторы СВМ-6м и ВМ-12	2	Производительность 7-35 и 10-32 м ³ /с соответственно
7.	Растворонагнетатель С-862	1	Производительность 3-4,5 м ³ /с. Максимальное давление 0,7 МПа
8.	Плунжерный насос НКН-10	1	Производительность 1-4 м ³ /ч. Давление 1,5 МПа
9.	Станок для бурения горизонтальных скважин Ба-100 (ГП-2)	2	Вид энергии - сжатый воздух (масло под давлением)

Основные материалы и изделия, необходимые для ликвидации рассматриваемого локального обрушения тоннельной обделки:

жидкий азот-120т;

железобетонные кольца-8 шт.

Расход жидкого азота в среднем 1т на 1м³грунта.

В заключении необходимо отметить, что все восстановительные работы на канализационных тоннелях должны выполняться в соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах, ведомственных инструкциях по технике безопасности.

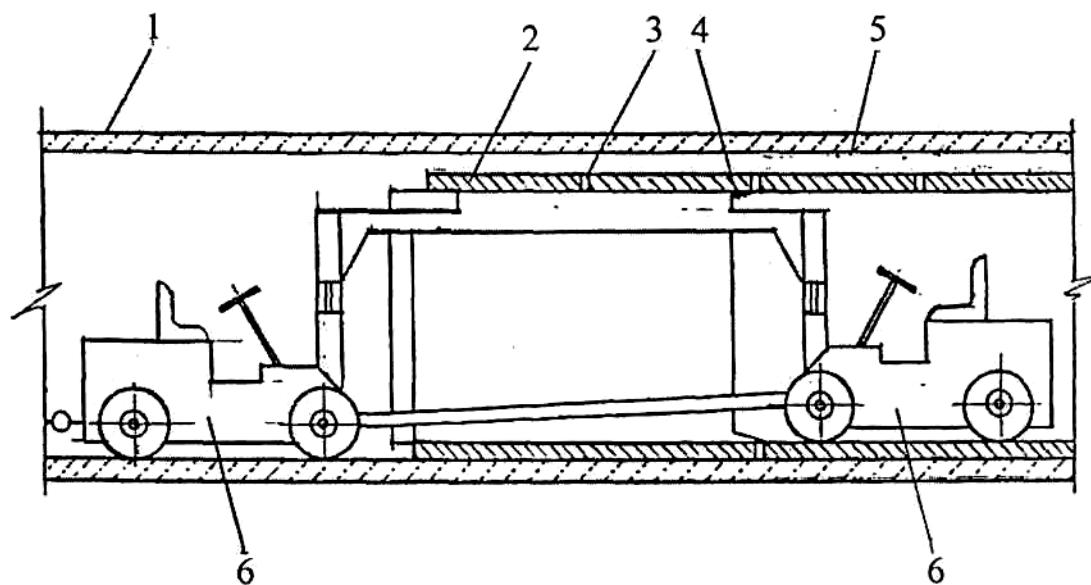


Рис. 7.33. Транспортировка автокарами железобетонных колец в тоннеле:

1 - канализационный тоннель диаметром 2,96 м; 2 - транспортируемое железобетонное кольцо; 3 - установленное железобетонное кольцо; 4 - грузоподдерживающая балка; 5 - отверстие в кольце для нагнетания раствора; 6 - аккумуляторный автокар.